

A/4

Médiathèque VS Mediathek



1010755508

TA 27315

ALESSANDRO MALLADRA

IL TRAFORO DEL SEMPIONE

CONFERENZA

TENUTA AL CIRCOLO FILOLOGICO MILANESE

Con 69 Figure e tre Tavole

2.^a EDIZIONE NOTEVOLMENTE ACCRESCIUTA



MILANO

TIPOGRAFIA EDITRICE L. F. COGLIATI
Corso P. Romana, 17

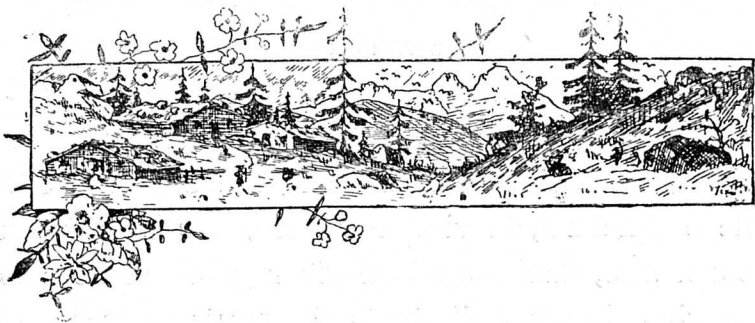
1905.

TA 27,315, a

PROPRIETÀ LETTERARIA



73/2691



PREFAZIONE



QUELLA geniale istituzione che è il *Circolo filologico milanese*, suole ogni anno indire una serie di Conferenze, di argomento ora letterario ed ora scientifico, allo scopo di vieppiù estendere la cultura nazionale. Non sono molti oggidì quelli che hanno la pazienza di leggere un libro da capo a fondo, a meno che non sia un romanzo di valore più o meno discutibile; pochissimi quelli che possono attendere seriamente allo studio di libri schiettamente letterari e scientifici, tolta la classe dei professori, che a siffatta occupazione tutta intellettuale sono chiamati per la natura stessa del loro ufficio. Per la gran maggioranza degli uomini il tempo va diventando sempre più prezioso. L'*americanismo* poco alla volta si fa strada anche nella vecchia Europa; la molteplicità ognor crescente degli affari pubblici e privati, lo svolgersi tumultuoso ed incessante dell'industria e del commercio, la necessità di nuove e

sempre più rapide comunicazioni fra individuo e individuo, fra nazione e nazione, in breve, la vita febbrile e concitata, la vita a vapore, a *elettricità* del secol nostro, danno ogni dì più ragione al vecchio proverbio inglese, *il tempo è moneta*, e rendono spesso impossibile anche ai più desiderosi la dolce e tranquilla occupazione dello studio. Di qui la nuova missione dei giornali, che, da semplici cronache per lo passato, sono ora divenuti minuscole enciclopedie di brandelli scientifici, letterari ed artistici; di qui l'estendersi e il dilagare dei periodici di ogni colore, trattanti *de omnibus rebus et de quibusdam aliis*, di qui l'uso e anche l'abuso di conferenze, discorrenti *de omni re scibili*; mezzo oggidì universalissimo e assai di moda affine di diffondere vieppiù l'istruzione fra gli uomini, troppo occupati delle grandi brighe del commercio e della politica, per poter trovar ancora il tempo di sfogliare le dotte pagine di un serio e ponderoso volume.

Tale è pure l'origine della presente lettura, promossa, come dianzi ho detto, dal *Circolo filologico milanese*, e facente parte di una serie di conferenze dal titolo generale: **Grandi lavori umani**.

La serie comprendeva dapprincipio tre letture, alle quali ne fu poscia aggiunta una quarta:

- 1.^a Prof. UGO ANCONA: **Il taglio dell'Istmo di Suez**;
- 2.^a Ing. EMANUELE JONA: **Il primo cavo transatlantico**;
- 3.^a Prof. ALESS. MALLADRA: **Il traforo del Sempione**;
- 4.^a Ing. EDOARDO PINI: **Le ferrovie transcontinentali**.

Nel rendere di pubblica ragione questa Conferenza, è mio dovere ringraziare quanti direttamente o indirettamente vi cooperarono e mi furono di valido aiuto; tra i quali debbo ricordare in modo speciale gli egregi ing. ROLLA e CHIAPUZZI delle *Ferrovie federali*, LANINO e MUZZANI dell'*Impresa Brandau*, che tutti mi furono larghi di notizie e sempre gentilissime guide nelle mie frequenti escursioni dentro e fuori galleria; l'ing. BRANDAU, il prof. SCHARDT, l'ing. GARONE e il signor BERTINA, segretario alle *Ferrovie federali*, che mi fornirono gran parte del materiale fotografico per le proiezioni luminose, e ne permisero la pubblicazione nel presente fascicolo; l'ing. ERNESTO GALIMBERTI che si prestò gentilmente alla preparazione di parecchi disegni, e finalmente (con uno specialissimo e vivo ringraziamento), il prof. FRANCESCO GRASSI, che volle sobbarcarsi a tutto il lavoro di preparazione e di esecuzione delle riuscitissime proiezioni luminose e fu la causa precipua del buon favore col quale i Milanesi accolsero questa lettura.

Domodossola, Luglio 1904.

ALESSANDRO MALLADRA.



NOTA ALLA SECONDA EDIZIONE

Ho detto dianzi del buon favore con che i Milanesi accolsero questa lettura ; ora posso anche aggiungere il buon favore con che fu accolta la stampa della medesima, poichè in meno di due mesi la prima edizione fu esaurita. La qual cosa non è di per se stessa ragione sufficiente per insuperbire ; imperocchè più che ad una bontà intrinseca del lavoro, la buona accoglienza che gli fu fatta si dee ascrivere all'interessamento grandissimo che le persone d'ogni classe pigliano verso quest'opera colossale, irta di non comuni difficoltà, che senza alcun preannunzio si presentano come insuperabili ; troncano di colpo il lavoro di tante menti e di tante braccia operose e mantengono gli animi angosciosamente sospesi, finchè la possanza invincibile dell'ingegno non abbia trovato il modo di girarle o di abatterle.

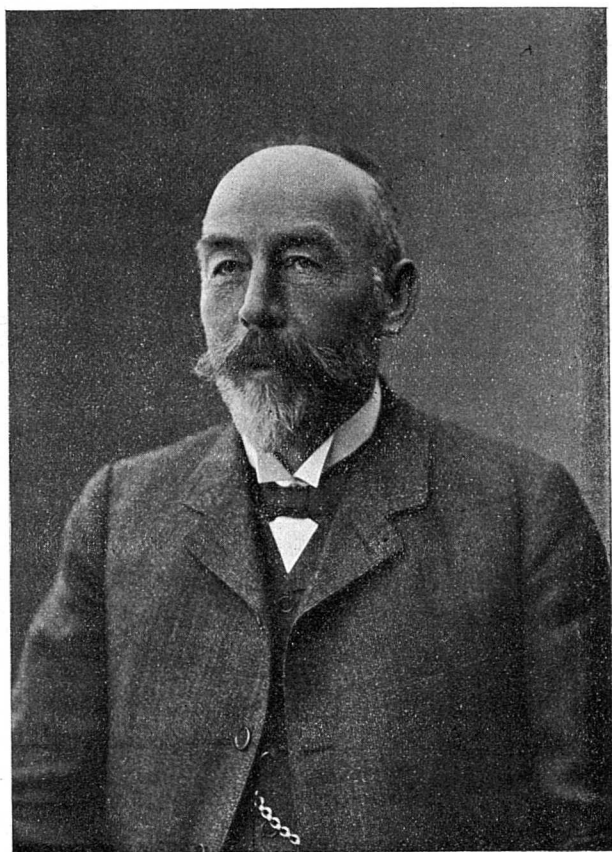
Per corrispondere più adeguatamente a questo universale interessamento, credetti opportuno introdurre nella seconda edizione alcune aggiunte qua e là, che varranno a dare

maggiore efficacia all'importanza e alla energia del lavoro. Esse si riferiscono specialmente ai molteplici progetti di perforazione, che precedettero quello che ora è in via di esecuzione; alle ipotesi sull'origine delle acque sotterranee, e alle pressioni osservate nella roccia, massime nella *tratta spingente*, che fu pure illustrata con nuove figure.

Ricordando tuttavia che questa Conferenza fu letta la prima volta il 20 marzo 1904, il Lettore non s'adombri se nel testo non ho mutato gli elementi che si riferivano allora alle distanze percorse e da superare, e alla data dell'incontro: queste cifre acquistano ora una certa importanza storica, servendo di base per calcolare il lavoro effettivo da quel tempo compiuto. Il Lettore troverà nelle note aggiunte le cifre più recenti, le quali, è superfluo il notarlo, mutano di giorno in giorno, per poco che il lavoro progredisca; troverà inoltre dopo la Conferenza, una nuova appendice sugli ultimi fenomeni idro-termali verificatisi all'avanzata italiana, dal settembre scorso in qua, contro i quali attualmente si dirigono tutti gli sforzi dell'ingegneria.

Domodossola, Novembre 1904.

A. M.



Ingegnere CARLO BRANDAU.



Il Traforo del Sempione

Umano ardir

Qual forza mai, qual limite

Il tuo poter misura?

(V. MONTI, *Ode a Montgolfier*).

Signori,

L sentimento che il pubblico, per quanto animato dal migliore spirito di indulgenza, inspira all'oratore, è sempre un senso di penosa trepidazione: se è tale anche in chi è abituato al cimento delle pubbliche riunioni, non sarà malagevole comprendere quale dovrà essere in colui che abbandona, come me, l'abituale quieto vivere delle sue montagne, per piombare, dopo breve corsa di ferrovia, nella vita febbrile e concitata di una industriale città, come Milano, e si ridesta all'improvviso dal suo stupore in mezzo ad una eletta schiera di intelligenze, che qui si raduna premurosamente in nobile ed elevato consesso, ogni qualvolta il geniale *Circolo filologico milanese* le chiama a raccogliere i fiori delle lettere, le fragranze dell'arte o gli ultimi trovati della scienza severa.

Ma, per carità, non v'aspettate da me, o Signori, nè tortura di stile, nè peregrine parole. Io sono caduto fra voi,

cortesi uditori, come un masso di granito nel bel mezzo di un'aiuola fiorita, e, con l'aspro linguaggio del macigno, io non potrò parlarvi che di lotte ad oltranza e di cruenti battaglie quotidiane combattute dall'Uomo contro la Natura, vale a dire, di continui pericoli, di improbe fatiche da lui sostenute, di piani e meccanismi ingegnosi lungamente studiati e messi in opera dall'acume dell'uomo per raggiungere la nobile meta prefissa di aprire nel seno delle Alpi una nuova via alla civiltà e al progresso; accennando nel tempo istesso alla titanica resistenza opposta dall'Alpe per difendere le sue membra, squarciate a brano a brano; ai molteplici agguati, alle insidiose sorprese che nel sanguinoso conflitto coll'intelligenza umana contrappone la Natura, solenne e grandiosa nelle sue vittorie, severa ed inflessibile nelle sue sconfitte.

Io mi abbandono pertanto con piena fiducia alla benigna ed indulgente cortesia del mio gentile uditorio, e, ringraziando pubblicamente l'egregio Presidente di questo *Circolo filologico milanese* (1) dell'onorifico quanto immeritato incarico affidatomi, entro nel mio argomento, troncando senz'altri preamboli queste mie scuse, sia perchè dan sempre noia le querimonie e sia perchè la via lunga mi sospinge.

*
* *

Ben a ragione la perforazione del Sempione va ascritta ai grandi lavori umani che formano la bella serie proposta dal *Circolo*. Anzi, poichè in questo caso non v'ha nessuna odiosità nel paragone, segnando tutti un passo gigantesco

(1) L'egregio professor GIOVANNI BOGNETTI, direttore dell'Istituto Bognetti-Boselli.

nella via del perfezionamento umano, anche a costo di ver-dermi collocato a fianco del panegirista pel quale il suo santo è sempre il migliore fra tutti, non esito ad affermare che questo è *massimo* fra i grandi lavori umani.

Non vedete infatti, o Signori, in questi capolavori del genio, un graduale *crescendo* di difficoltà e di pericoli? — Nel taglio dell'istmo di Suez, magistralmente descritto dall'illustre prof. UGO ANCONA (1), là via del lavoro è nettamente segnata da paline e banderuole, e facilmente percorribile da un capo all'altro; il tracciato può essere eseguito in qualunque punto e contemporaneamente in tutti i punti; sono abbastanza noti gli ostacoli da vincere e il costo per ogni metro lineare: le difficoltà principali si riducono a due, contro le quali l'uomo già da lunga pezza è abituato a lottare, voglio dire, la *spesa* e il *clima*. Alla risoluzione di siffatto problema, occorrono *braccia* e *denaro*; molti quattrini per pagare migliaia di braccia sono sufficienti per darci un lavoro colossale come il canale di Suez, senza che occorra eccessivo progresso scientifico; tanto è vero che il progetto potè essere tentato ed effettuato dall'antico popolo delle Piramidi, mutati forse i due fattori necessari al gran lavoro, braccia e denaro, per l'indole e la barbarie dei tempi, in questi due altri: braccia e bastonate!

Non è così certamente per la posa di un cavo transatlantico, brillantemente dipinta dall'egregio ingegnere EMMANUELE JONA (2), che seppe mettere in vivida luce la profonda sua esperienza. Qui la meccanica semplice non basta: occorreva anzitutto che l'umano progresso scoprisse il grande fattore della vita moderna, l'elettricità, e che il genio di VOLTA ci

(1) UGO ANCONA, *Il Canale di Suez*. Conferenza pubblicata per cura della Sezione di Bergamo della *Lega navale italiana*. Bergamo, Tip. R. Gatti, 1904.

(2) E. JONA, *Il primo cavo transatlantico*, nella Rivista mensile *La Lettura*, fascicolo di Maggio 1904.

desse *la pila*. Occorse poscia un complicato ed ingegnoso macchinario per scandagliare il fondo marino, per costruire e posare nel suo letto la gran corda metallica di quattromila chilometri. Ma non si può disconoscere che anche qui la via è abbastanza sicura, il titanico lavoro si compie per gran parte in comode officine, nè è il caso di parlare di gravi malattie epidemiche, mancando assolutamente l'agglomerazione del personale. Ai pericoli del clima si contrappongono bensì i pericoli del mare, ma sono quelli che corre giornalmente ogni navigante; le difficoltà che si opposero alla prima riuscita del progetto, non tutte furono dipendenti dall'intima natura del lavoro, anzi non poche si dovettero ascrivere all'imperizia dei lavoratori, alla fretta del lavoro e taluna anche alla malignità di coloro che vedevano di mal occhio l'audace impresa. *Capitale e scienza*, ecco i due grandi fattori che distesero fra gli abissi dell'Atlantico il primo filo, che riunì il vecchio al nuovo mondo.

Nella perforazione di una galleria di 20 chilometri, quale è quella del Sempione, entra in campo un elemento che è quasi sconosciuto ai grandi lavori dianzi trattati. Qual è questo elemento? Per meglio definirlo mi riferirò ad una corrispondenza di un valente ingegnere, che ha la sua parte nella direzione dei lavori ad Iselle, apparsa sul principio di quest'anno in un giornale cittadino, nella quale, dopo men-tovata l'ultima irruzione d'acqua calda nel cunicolo d'avanzata dell'imbocco di Briga, eranvi delle parole di chiusa press'a poco così: " Se i lavori si dovessero sospendere all'imbocco Nord, pur dovendosi proseguire con una sola avanzata a Sud, la galleria potrà ancora essere terminata nel 1905; se poi anche ad Iselle dovesse sorgere qualche grave ostacolo, sallo solamente Dio quando si finirà, e se si finirà. „ Non spaventiamoci prima del tempo, o Signori; riflettiamo invece come queste parole indichino bene la natura dell'elemento a cui

alludo, voglio dire l'*incertezza dell'esito*, con che si esprime nello stesso tempo tutta la gravità degli ostacoli che si incontrano nel Traforo del Sempione.

Non esiste infatti un tracciato propriamente detto; la linea da seguire è una linea ideale che solo lo studio degli ingegneri dirigenti sa scorgere nel buio misterioso della montagna; questa linea invisibile non si può seguire che lentamente e con infinite misure dalle sue opposte estremità, o da una sola, per raggiungere un punto centrale in cui le due direzioni si incontrino esattamente in linea retta. Il problema del Sempione così concepito si accosta a un problema di balistica di questo tenore: Colpire alla distanza di dieci chilometri un bersaglio che non si vede, ma di cui si può determinare la posizione col calcolo.

La natura stessa delle rocce da perforare e la loro inclinazione è, a rigor di termine, sconosciuta. È bensì vero che il geologo dall'indagine esterna cerca di indovinarle e di fatto indovina molto, ma quanti inganni, quanti abbagli, quante sorprese! Nè queste sono le peggiori; altre ben più gravi ne riserva il monte a' suoi dilaniatori: la storia del Traforo del Sempione è tutta una sequela di stupefacenti sorprese, di finissime insidie, di pericolosi agguati. Sono torrenti impetuosi d'acqua ad altissima pressione che sbucano all'improvviso dalle rocce spezzate; sono copiose infiltrazioni d'acqua fredda o peggio termale, che zampillano e piovono da ogni parte; sono inaudite pressioni della roccia, che spezzano i travi delle puntellature, piegano come paglie le robuste trave di ferro, fanno scoppiare i muri e abbattono le volte già portate a compimento; sono elevate temperature alle quali l'uomo non può reggere che poche ore di lavoro, a patto ancora di risolversi in snervanti sudori. — In un' impresa come questa, ove la dinamite si maneggia in tanta abbondanza, bisogna ancora aggiungere la micidiale sorpresa

della esplosione a tempo e luogo indebito, la quale pur troppo volle le sue vittime.

Quanta energia, quanto coraggio, quanta tenacia di volontà non si esige dall'uomo, in questo essere così piccolo in confronto del gigante contro cui deve lottare, per resistere, per affrontare, per abbattere, per vincere!

Non bastano i capitali, occorrono migliaia di braccia, fra cui si suddividono tutte le arti manuali: sterratori, badilanti, carrettieri, manovali d'ogni specie, falegnami, carpentieri, segantini, minatori, ferrovieri di tutte le categorie, muratori, fabbri-ferrai, meccanici, tornitori, e un esercito di assistenti e di garzoni grandi e piccoli a controllo e a servizio di una così svariata moltitudine di lavoratori. — Non bastano le braccia, tutte le scienze sono requisite: la meccanica, l'idraulica, l'aerostatica, il calorico, l'elettricità, la chimica, la topografia, la geologia, la litologia, la mineralogia, l'igiene, la fisiologia, la medicina; professate da una prode avanguardia di ingegneri, da naturalisti, da geometri, ragionieri, misuratori, da medici e infermieri, a cui fa seguito un reggimento di scrivani e impiegati d'ufficio. — Non ultime, anche le scienze sociali..., sì, perchè Voi, cortesi uditori, già avrete pensato ad un altro elemento che entra come ostacolo di primo grado in questo terzo fra i grandi lavori umani, e sconosciuto ai due primi; ostacolo supremo, paragonabile alle più desolanti malattie, intorno al cui rimedio tanti e forti ingegni si affaticano da molt'anni, con risultati diametralmente contrarii; malattia contagiosa, universale, diffusa omai fra tutti i popoli civili; che quando colpisce, colpisce e le teste e le braccia dell'umano consorzio; voglio dire, la lotta dell'uomo contro l'uomo, lo *sciopero*. Infatti lo sciopero è nel convenuto del Sempione messo in fila con la guerra, e con l'epidemia generale, pei quali ostacoli *soli* si può giuridicamente protrarre o rompere il contratto fra Impresa e Governo.

Anche le Lettere e le Arti belle vogliono portare i loro fiori al Traforo del Sempione. Sì, perchè e la scultura e la pittura e la musica e la poesia, hanno illustrato nel loro mistico e più sensibile linguaggio la grand'opra e i suoi episodi, e ancor più la canteranno nel gran giorno inaugurale, attonite alla mirabile visione del Genio, assiso in un nimbo di gloria sul monte traforato; commosse allo spettacolo di questo piccolo sistema di nervi, di muscoli e di ossa, animato dall'intelligenza, vivacissima scintilla divina, che innalza un'altra volta il grido della vittoria; rapite nella contemplazione di questa minuscola creatura, novissima fra le ultime arrivate sul nostro pianeta, che tutto lo fruga minutamente e lo conquide, rispondendo fedelmente all'invito del nostro mite Zanella:

T'avanza, t'avanza,
divino straniero,
conosci la stanza
che i fati ti diero (1).

* * *

L'idea di riunire l'Ossola al Vallese con una strada ferrata, risale ai primi tempi delle ferrovie italiane. Le prime vie di comunicazione delle antichissime genti attraverso le Alpi, si trasformarono, col progredire della civiltà e dell'industria, prima nelle mulattiere romane, poi nei grandi stradoni carrozzabili, per cedere poco alla volta il passo alle ferrovie. Così avvenne del Cenisio, del Gottardo, del Brennero; così avviene del Sempione, e già da molto tempo si discute sulla opportunità di perforare il Monte Bianco e lo Spluga. Quelle barriere che una volta l'uomo reputava insor-

(1) Ad una Conchiglia fossile.

montabili, e che più tardi non potè vincere che a costo di lunghi mesi di stenti e di pericoli, e dove moltissimi trovarono la morte fra gli orrori del gelo, sotto la sferza della tormenta, sorpresi dalle valanghe o dallo scoscendere delle frane, colpiti dalla fame o precipitati negli abissi, ora il viaggiatore le attraversa in un baleno; e, letteralmente, senza accorgersi, senza fatica alcuna, dormendo, esce dal *bel Paese* per ridestarsi al di là delle Alpi. La collezione incominciata in Italia si termina in Francia o in Svizzera! Come ci sembrano lontani quei tempi, pure a noi sì vicini, in cui il padre o il nonno per recarsi a Parigi, metteva in ordine i suoi affari, disponeva delle sue ultime volontà, baciava e ribaciava la famiglia, e non ritornava che dopo parecchi mesi, proprio come se venisse dal mondo di là! Partiva ben rasato e sbarbato e ritornava con capelli e barba alla *Chinina-Migone*!

Così, sulle medesime grandi vie del commercio il piede umano, la zampa del mulo, la ruota della vettura, la macchina a vapore, l'elettromotore e quant'altro mai l'uomo inventerà nell'avvenire, sono destinati a succedersi e a soppiantarsi l'un l'altro, sopprimendo poco alla volta le distanze.

In un opuscolo, stampato a Domodossola nel 1850, trovo il primo accenno di una ferrovia attraverso il Sempione (1). In quegli anni il piccolo ma prosperoso Piemonte e la vicina Svizzera andavano stendendo il piano delle loro ferrovie e progettando la linea migliore per unire l'Europa centrale a Genova, il più settentrionale porto del Mediterraneo. La prima proposta cadde sul Grimsel per opera degli ingegneri inglesi M'CLEAN e STILEMAN, i quali studiarono una linea che partendo da Arona percorresse la valle del Toce

(1) P. M. Z., Progetto di strada carreggiabile da Sasso Fantino a Sempione, inoltrato al Ministero Interni sino dall'anno 1840, ed altro progetto di strada ferrata da Crevola a Briga e indi al Lago di Ginevra. Domodossola, Tip. Vercellini, 1850.

fino a Baceno, donde salendo al Piano di Devero, traversasse in galleria prima l'Albrun e poscia il Grimsel (1). L'anonimo autore dell'opuscolo ossolano (che si firma P. M. Z.), propone che la suddetta linea, giunta a Crevola, entri nella valle della Diveria, e toccando Varzo, S. Domenico (Val Cairasca), Trasquera e Bugliaga, giunga fin sotto al villaggio del Sempione, " cioè sino al Gabbio, ove con un tunnel, ossia galleria, si perverrebbe alla Tavernetta poco distante da Briga. „ È veramente deliziosa la somma facilità che l'Autore suppone nell'esecuzione del suo progetto, tanto più, egli dice, che passando la linea pei beni comunali, pochi sarebbero i danni da risarcirsi! La difficoltà più grande per lui è la costruzione del ponte sulla Cairasca, ma si fa animo ricordando che " ivi trovasi tutto il materiale necessario a tale costruzione, cioè sassi di ottima qualità, buoni legnami di larice e calce buonissima a poca distanza! „

Forse l'idea di traforare il Sempione risale al principio del secolo XIX, se è vero, come osserva il signor P. M. Z., che essa fu " concepita dalla Commissione francese incaricata della costruzione dello stradale del Sempione; „ e non fu messa ad effetto " perchè giungevano da Parigi ordini pressanti di sollecitare il passaggio del Sempione. „

Assai probabilmente il progetto non è neppure in prima origine del ricordato Anonimo. Forse egli ebbe sentore degli studii del KOLLER, che solo due anni dopo (1852) ne pubblicò uno analogo, colla proposta di una galleria lunga 5200 metri, da Al Gabi a Berisal (2). Ma nel medesimo tempo entrarono in giostra molti altri passi alpini: lo Spluga, il S. Bernardino, il Lukmanier, il S. Gottardo, il grande e il piccolo S. Bernardo, il Moncenisio; ed il governo piemonte-

(1) M'CLEAN ET STILEMAN, *Rapport sur un chemin de fer proposé entre Gravellona, près du Lac Majeur, et Lucerne*. Impr. Waterlow Frères, London, 1851.

(2) KOLLER, *Chemin de fer des Alpes*, 1852.

tese stimando più urgente per le sue comunicazioni colla Savoia il traforo del Cenisio, e manifestando il suo favore pel Lukmanier, come comunicazione fra Genova e l'Europa centrale, il Sempione rimase a terra!

Donde si scorge come il Cenisio e il Sempione fossero alle prese fra di loro sino dalle prime origini, anzi prima di nascere, nè più nè meno come Esaù e Giacobbe, secondo la mistica narrazione mosaica; e come il primo venne al mondo tenuto per un piedino dal secondo, simbolo del formidabile sgambetto che gli avrebbe dato in seguito, così il Cenisio nasce lasciando al Sempione un cumulo grandissimo di simpatie, che riusciranno fatali al primogenito; ed il Sempione che ora nasce fra difficoltà straordinarie, ma colla prospettiva di essere la linea più celere e più breve pei grandi mercati europei, già si prepara a ripetere al fratello l'adagio popolare: Caro Esaù, me l'hai fatta una volta, ma non me la fai più!

Prova evidente delle simpatie pel Sempione, sono i progetti che d'allora in poi si susseguirono, numerosi e multiformi, quasi ogni anno, come i Regolamenti per gli esami nelle nostre scuole secondarie: progetti che sorsero risvegliando nelle popolazioni lombarde, dell'alto Piemonte e della Svizzera le più rosee speranze, e che successivamente caddero, dopo il solito quarto d'ora di celebrità, per difficoltà tecniche, o politiche, o per lo più finanziarie. I progetti sono svariatissimi; gli uni si riferiscono a *gallerie di base* della lunghezza di 12, 16, 18 e 20 chilometri, come quelli di CLO e VENETZ del 1857 (1), di WAUTHIER del 1860, di LOMMEL

(1) Questo progetto fu eseguito per incarico del famoso conte ADRIANO LA VALLETTE, fondatore della *Ligne d'Italie*, e singolare tipo di avventuriero, che diede tanto filo da torcere ai governi interessati alla ferrovia del Sempione. Sono avanzi di questa sciagurata impresa certi manufatti e frammenti di terrapieno che ancora si scorgono nel piano dell'Ossola inferiore, fra Piedimulera e Rumianca.

del 1864 (1), di FAVRE e CLO del 1875 (2) di MEYER con cinque progetti dal 1881 al 1889 (3), di DUMUR del 1891 (4); altri invece si riferiscono a *gallerie di sommità*, meno costose, ma anche meno adatte ad un intenso commercio internazionale. Tali sono i tre progetti di FLACHAT del 1860 (5), di THOUVENOT del 1863 (6), di FELL e di AGUDIO (quattro del 1886) e l'ultimo di MASSON e CHAPUIS del 1892 (8). Tra i molti, vi sono dei progetti singolarissimi, concepiti ora sotto l'influsso dell'entusiasmo prodotto dalle prime perforatrici del torinese SOMMEILLER, animate dall'aria compressa, alla quale si vaticinava un avvenire di fortunate

(1) LOMMEL G., *Étude critique des divers systèmes proposés pour le passage des Alpes Suisses par un chemin de fer*. Vevey, Février 1864.

(2) L'ing. FAVRE, il coraggioso impresario del traforo del Gottardo, portò in questo progetto i savi consigli della sua esperienza in materia, proponendo un tunnel di base il più basso possibile.

(3) A. JEAN MEYER, ingegnere capo della Compagnia J.-S. (Jura-Simplon) fu uno dei più attivi propugnatori del traforo del Sempione. Il progetto del 1881-82, uno dei migliori, comprende tre varianti, due ad oriente del m. Leone ed uno ad occidente, lungo 20 chilometri precisi. (Vedasi MEYER J. e HUBER W., *Percement du Simplon*, Lausanne, 1882). I due progetti del 1886-87 non furono accettati dall'Italia perchè avevano ambo gli imbocchi effettivi su territorio svizzero. Il governo italiano rifiutò pure quello del 1889 (che sboccava, per circa due chilometri, su territorio nostro, dichiarando che avrebbe solo accettato un tunnel che almeno per metà della sua lunghezza fosse su suolo italiano. (V. PALONCEAU, DOPPLER, DUMUR, HUBER, *Rapport des experts sur le percement du Simplon*, Lausanne 1886; COMPAGNIE S. O. S. *Traversée du Simplon par un chemin de fer*; Documents principaux concernant les projets soumis à l'examen de la Conférence internationale de Berne en Juillet 1889; Id. Documents complémentaires).

(4) CHEMINS DE FER DU JURA-SIMPLON. — *Traversée du Simplon*. I. Rapport sur les études 1890-91 avec devis; II. Plan financier pour la réalisation des fonds nécessaires, Août 1891. — Berne, K. Stämpfli et C., 1891.

(5) EUG. FLACHAT, *De la traversée des Alpes par un chemin de fer. Développement. Étude du passage par le Simplon*. Paris, Noblet id. 1860.

(6) CH. THOUVENOT, *Un moyen de franchir les Alpes par un chemin de fer avec des rampes de 5 à 6 pour cent*. Vevey, Schwind et Suter, 1863.

(7) CHAPUIS J., *La traversée du Simplon par un chemin de fer à crémaillère* (Extrait du *Bulletin de la Société vaud. des ing. et des arch.*). Lausanne, Bridel et C., 1893.

applicazioni, che le fu tolto dall'elettricità (1); ed ora sotto l'influsso scoraggiante dell'ignoto che attendeva le lunghe gallerie nelle viscere terrestri e specialmente dell'altissima temperatura che vi si sarebbe ritrovata. Ricorderò, fra i progetti più curiosi, la ferrovia *a regressi* di LEHAÏTRE e MONDÉSIR (2), vera linea a zig-zag, lungo la quale la locomotiva ora è in testa ed ora è in coda al treno, ed infilando una serqua di novanta gallerie prolunga di venti chilometri, rispetto alla strada napoleonica, la distanza fra Domo e Briga; il primo progetto di FLACHAT, con pendenze del 60 per 1000, ove tutti i vagoni hanno stantuffi e si comportano come locomotive; lo stranissimo progetto del colonnello DE BANGE (1886), che fa salire tutto il treno sopra un'enorme locomotiva-ponte della lunghezza di 35 metri, con venti paia di ruote, e comprende gallerie di 10 metri di altezza; il progetto di AGUDIO, con otto chilometri di gallerie artificiali in lamiera di ferro. Sono pure da ricordare le gallerie *a gomito* (*tunnel coudé*) del MEYER (1882, 1886), così tracciate per evitare la proiezione verticale delle alte montagne.

Ricorderò finalmente il progetto del DUMUR del 1891, detto del *tunnel a forcella*. In questo progetto la galleria era rettilinea e a doppio binario; però per facilitare l'aerazione di una così lunga galleria il DUMUR pensò di scavarne una seconda (in sezione ridotta) parallela alla prima, dall'imbocco italiano sino alla metà del tunnel. Delle macchine aspiranti, collocate all'imbocco di questo cunicolo avrebbero determinato due correnti d'aria, ascendenti verso il centro.

(1) Vedi il volume di ENEA BIGNAMI, *Cenisio e Fréjus* (Firenze, Barbera ed., Settembre 1871) che rispecchia fedelmente tutto l'entusiasmo di quei tempi per l'aria compressa.

(2) COMPAGNIE DE LA LIGNE D'ITALIE. *Études de la traversée du Simplon entre Gliss-Brigg et Domo d'Ossola*. Rapport de M. M. PIARRON DE MONDESIR et LEHAÏTRE, 1863.

Essendo sorte difficoltà per la formazione dell'occorrente capitale di 80 milioni, la ditta BRANDT, BRANDAU e C., propose di sdoppiare la galleria per tutta la lunghezza, riducendo i due *tunnels* alla larghezza necessaria per un solo binario; così da poterne completare solo una definitivamente e lasciare l'altra allo stato di semplice cunicolo, sinchè nuovi fondi ne permettessero l'allargamento. In questa maniera nacque il progetto del 1893, quale si sta eseguendo (1).

Farebbe al certo opera di grande interesse scientifico chi volesse raccogliere in un volume tutte queste concezioni dell'ingegno umano rivolte alla perforazione del Sempione; ma io non posso fermarmi ulteriormente su questo tema, che appena sfiorato ha già richiesto troppe pagine. Del resto questo lavoro è per buona parte già bell'e fatto, e chi bramasse saperne un po' di più, legga il bel volume che sull'argomento scrisse l'avv. GIULIO BONOLA (2).

(1) Il progetto è contenuto nei seguenti atti: CHEMIN DE FER DU JURA-SIMPLON — *Tunnel de Simplon*. Projet du 1903. — Berne, C. J. Wiss, Août 1904.

- I. Exposé général;
- II. Exécution des travaux;
- III. Ventilation en cours d'exploration;
- IV. Rapport des experts nommés par le Conseil Fédéral.

Tunnel du Simplon. Projet du 1893. Annexes:

1. Carte du tracé échelle 1 : 30000;
2. Profil en long » 1 : 50000 et 1 : 500;
3. Profil en travers normal » 1 : 100;
4. Profil géologique » 1 : 20000;
5. Plan des installations de Brigue » 1 : 1000;
6. Profil en travers des galeries d'attaque . . » 1 : 50 et 1 : 100;
7. Dispositions général des chantiers souterraines » 1 : 50000 et 1 : 500;
8. Graphique des conditions d'aération.

(2) GIULIO BONOLA, *La Ferrovia del Sempione*, Roma, Tip. Forzani & C., 1900. Seconda edizione. — In questo ottimo lavoro sono raccontate le vicende da cui si originarono *trentadue progetti* di traforo del Sempione. Oltre una ricca bibliografia sempioniana, contiene una *Tavola* dei progetti menzionati nel testo, che io, con libertà di amico, riporto nelle due pagine seguenti (26-27) al posto di quella pubblicata nella prima edizione, perchè assai più completa ed istruttiva.

TAVOLA DEI PRINCIPALI PROGETTI

AUTORE DEL PROGETTO	DATA DEL PROGETTO	Lunghezza del grande tunnel in metri	Altezza dell'imbocco Nord in m. sul m.	Altezza culminante in m. sul m.
Via nazionale (Ceard). Decretata il 20 fruttidoro, anno IX	7 7bre 1800	—	—	2 010
Koller	1852	5 200	—	—
Venez e Clo	1857	12 200	1 068	1 099
Flachat 1.° progetto	1860	—	—	2 010
» 2.° »	»	2 940	1 759	1 759
» 3.° »	»	7 800	1 509	1 509
Vauthier	»	18 220	743	834
Jaquemin	»	2 000	1 709	—
» 1.° progetto	1862	11 000	1 215	1 399
» 2.° »	1863	12 900	1 070	1 215
» 3.° »	»	12 000	1 070	1 148.2
Thouvenot	»	4 000	1 070	1 700
Thony Fontenay	»	16 000	—	—
De Mondesir e Lehaitre	»	4 653	1 680	1 731.8
Lommel	1864	17 500	705	750
De Stockalper	1869	16 150	771	793.50
Favre e Clo	1875	19 850	610	—
Compagnia del Sempione (Lommel)	1878	18 507	711	729
Compagnia S.-O. (Meyer)	1882	19 795	689.50	708
» » » 1.° progetto	1886	16 647	820	845.2
» » » 2.° »	»	15 196	850	915.0
Antichi Stabilimenti Cail, col. de Bange	»	8 400	1 407	(pendenza tinua di o nel tunne)
Fell 1.° progetto 10 maggio	»	—	—	2 010
» 2.° » 29 luglio	»	10 000	—	1 200
Agudio 1.° progetto	»	6 050	1 533	1 167
» 2.° »	»	4 000	—	1 187
S.-O.-S. del 1886 riveduto dai periti	»	16 070	820	845.2
S.-O.-S. (Meyer)	1887	16 786	820	835
S.-O.-S. (Meyer)	1889	17 650	820	837
Jura-Simplon (Dumur)	1891	19 731	687.10	705.2
Masson e Chapuis	1892	8 500	1 500	1 516
J.-S. (Dumur)	1893	19 731	685.80	704.2

ELLA FERROVIA DEL SEMPIONE.

Altezza nell'imbocco Sud in m. sul m.	Lunghezza della tratta Briga-Domo- dossola	Pendenze massime sul versante Nord in m. ‰	Pendenze massime sul versante Sud in m. ‰	Costo preventivo per la grande galleria in Fr.	OSSERVAZIONI
—	63 000	0,0625	0,044	—	Costo Fr. 5 200 000.
—	—	—	—	—	—
1 011	51 000	0,0005	0,010	72 820 000	—
—	69 000	0,050	0,060	—	A cielo scoperto; tutta la linea L. 20 000 000.
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
623	34 350	0,020	a 0,20 0,022	—	—
1 769	—	—	—	—	—
1 300	58 000	0,035	a 0,24 0,35	51 404 000	—
1 200	67 000	0,025	0,025	58 200 000	—
1 070.50	61 000	0,025	0,025	51 610 000	—
1 700	48 000	0,050	0,050	50 000 000	—
—	—	0,025	0,025	72 300 000	—
1 700	80 833	0,040	0,040	72 000 000	—
705	36 000	0,020	a 0,020 0,025	75 725 000	Tutta la linea da Sion a Gozzano interessi compresi.
790	39 040	0,025	0,025	77 441 567	Fr. 149 765 500.
644.50	—	—	0,015	82 300 000	—
687	—	0,011	0,0237	—	—
627.33	Briga a Piedi- mulera	0,010	—	mas. 104 200 000 min. 88 300 000	Con 9 varianti per l'ac- cesso Sud.
830	53 783.25	0,015	0,025	43 767 500	—
900	—	0,025	0,027	41 590 000	—
1 344	Viegi-Domo	0,090	0,090	42 780 000	—
—	49 575	—	—	—	—
—	Viegi-Domo	—	—	—	A cielo scoperto.
—	53	—	—	16 000 000	Fr. 40 000 000.
1 638	Viegi-Gliss- Domo 67 038	0,027	—	20 000 000	—
—	—	0,040	0,140	52 948 960	A un binario.
830	48 546	0,120	0,025	62 319 600	A doppio binario da Viege al confine.
811	49 381	0,020	0,025	—	—
778	43 971	0,020	0,025	—	—
633.75	—	0,0015	0,0065	80 000 000	Tunnel a forcella (Briga- Iselle).
1 450	54 000	0,060	0,060	—	Progetto in esecuzione.
633.75	—	0,002	0,007	77 500 000: con il complemento del 2.º tunnel	—

*
* *

Fermiamoci adunque unicamente su questo progetto, ultimamente riscattato, come tutte le altre ferrovie svizzere del Governo Federale. Esposte brevemente le sue caratteristiche, io vi parlerò dapprima cortesii Signori, degli elementi necessari al compimento della grande impresa, i quali sono: lo *studio della direzione*, la *previsione delle roccie* e la *meccanica dello scavo*; accennerò poscia ai principali ostacoli che si oppongono al lavoro che sono: *l'acqua*, la *pressione delle roccie* e *l'elevata temperatura*, coi mezzi ideati dall'ingegno per vincerli. Siccome poi la solerte Direzione del Circolo ha gentilmente assentito e opportunamente disposto per la proiezione luminosa di una piccola serie di disegni e di vedute, affinchè con esse, più e meglio che con la mia disadorna narrazione, vi possiate fare un adeguato concetto di questo grande lavoro umano, oscuriamo la sala perchè sia meglio rischiarata l'idea (1).

*
* *

Il progetto di Traftoro del Sempione accettato dalla Compagnia Jura-Simplon, e intorno al quale da cinque anni febbrilmente si lavora, comprende due gallerie rettilinee e

(1) Le proiezioni luminose che accompagnarono la lettura di questa Conferenza furono gentilmente e magistralmente eseguite dal Prof. Cav. Francesco Grassi, così abile specialista in questa materia, che tenne nello scorso Maggio una brillantissima Conferenza appunto sull'argomento delle *proiezioni luminose*. Le proiezioni del Sempione furono eseguite con una lampada Schuckert da 30 Ampères e 50 Volta, sopra una tela bianca di 16 mq. Sono le stesse figure rappresentate dalle incisioni e dalle tavole di questo fascicolo.

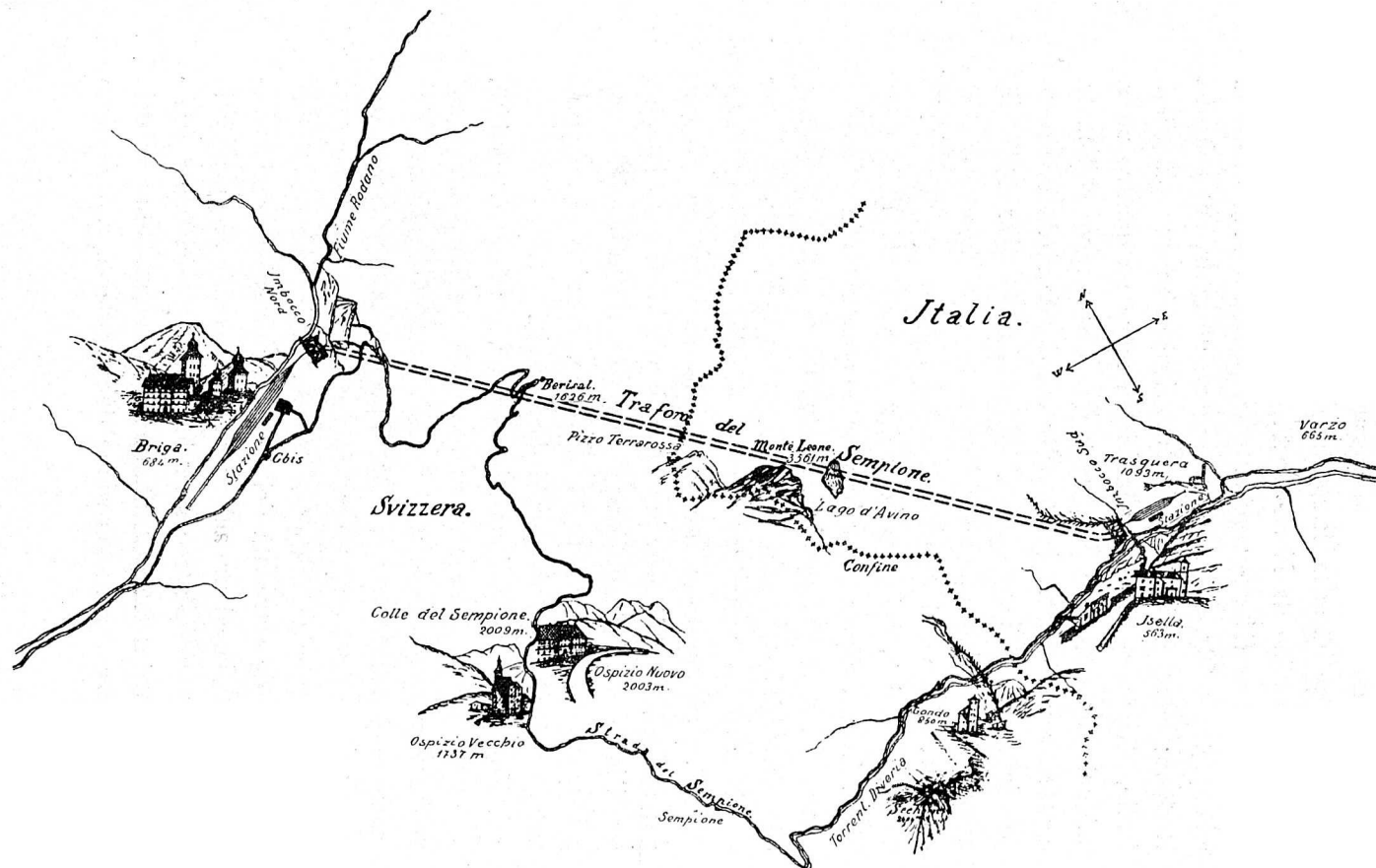


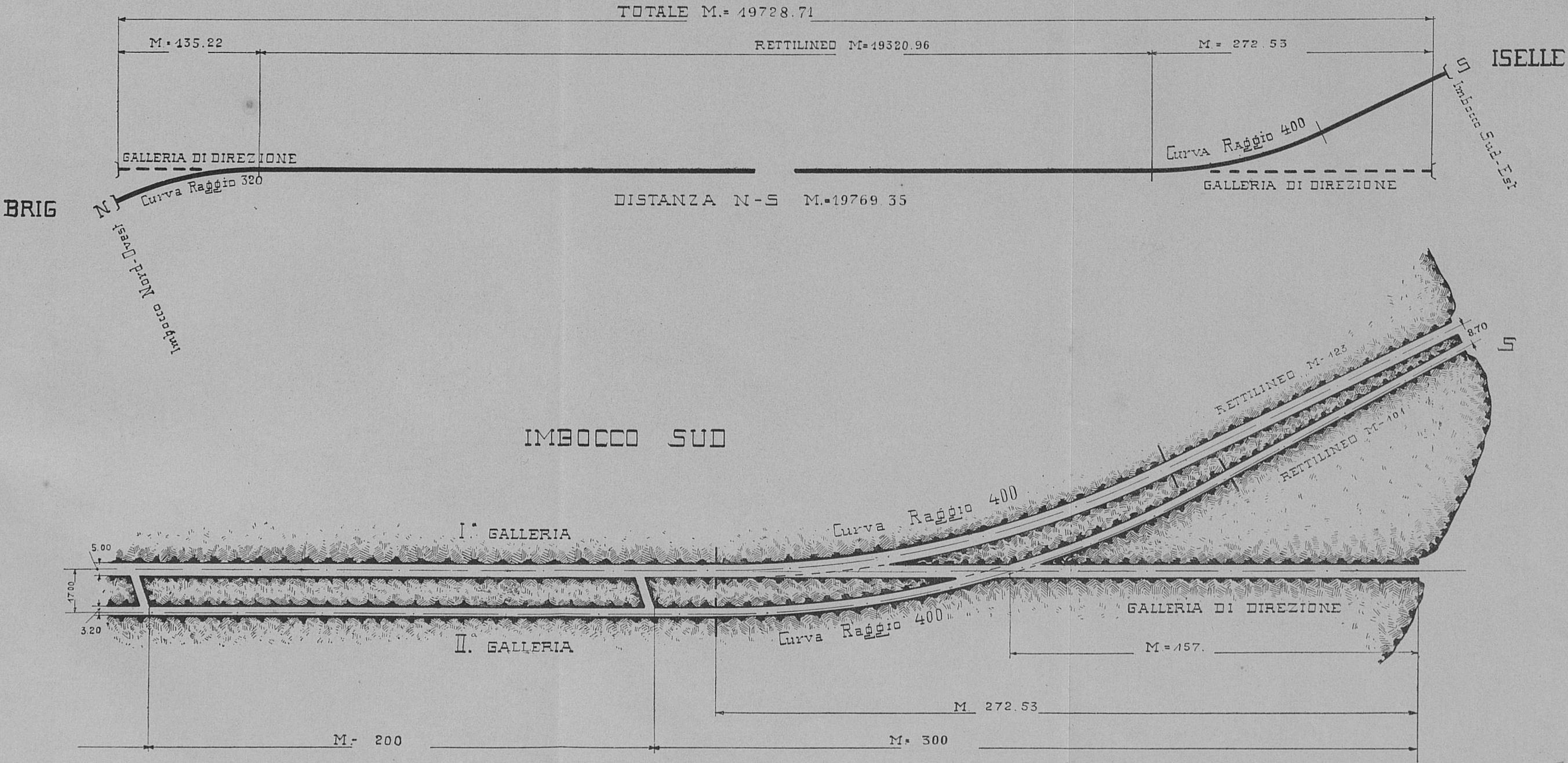
FIG. 2. — Tracciato della galleria con la strada napoleonica del Sempione.

parallele, a un solo binario ciascuna, e distanti diciassette metri fra asse ed asse. Il rettilineo è di metri 19728,71; tracciato in direzione da Nord-ovest a Sud-est, in modo che l'imbocco svizzero (Nord-ovest) si trova alquanto più su di Briga, alla quota di 685,50 m. sul mare e a due metri sul pelo del Rodano; mentre l'imbocco italiano riesce alquanto più giù di Iselle, alla quota di 633,75 metri sul mare e a quattro metri sul pelo della Diveria. Di questa lunghezza nove chilometri circa si trovano su territorio svizzero, donde si deduce tosto che la tratta italiana supera la precedente di 1700 e più metri. Il tracciato, come chiaramente si scorge dalla figura 2, corre sul territorio italiano quasi parallelo alla linea di confine, evitando la proiezione verticale della vetta di m. Leone, e passa per ben sette volte sotto la grande e tortuosa strada napoleonica. Ne taglia dapprima il gomito che forma al villaggio di Schlucht nel Vallese, indi incrocia quattro volte la grande *M* dello stradone sotto Berisal. Da questo punto la strada si allontana via via dal traforo, che più non incontra fino allo sbocco italiano, ove l'ingresso della *galleria di direzione* è sito precisamente a picco sotto il parapetto della via, e, come dissi, a pochi metri sopra il pelo d'acqua della Diveria.

Ho parlato di *galleria di direzione*, e mi spiego subito.

Per ragioni di raccordamento colle due linee di accesso dell'Ossola e del Vallese, il rettifilo porta alle estremità due curve in senso contrario, le quali portano la lunghezza totale del traforo a metri 19769,35. Ne consegue, come dimostrano la fig. 3 e la tavola I, che attualmente gli imbocchi sono tre per parte; due alle estremità delle curve, per cui i treni entreranno in galleria, ed uno all'estremità del rettifilo. È pure ovvio che quest'ultimo imbocco sarà definitivamente chiuso a perforazione ultimata; ma per intanto è assolutamente necessario per mantenere l'esatta direzione della galleria. È per questo

SCHEMA DEGLI IMBOCCHI DEL TRAFORO DEL SEMPIONE.



che il tratto rettilineo, di 272 metri a Sud, e di 135 metri a Nord, che va da questo imbocco sino al distacco della curva, prende il nome di *Galleria di direzione*. Le due gallerie, destinate al traffico internazionale, in linguaggio sempionino, si indicano brevemente coi numeri *1* e *2*.

Data la differenza di 52 metri fra i livelli dei due imbocchi, si potrebbe accedere dall'uno all'altro, con una sola pendenza

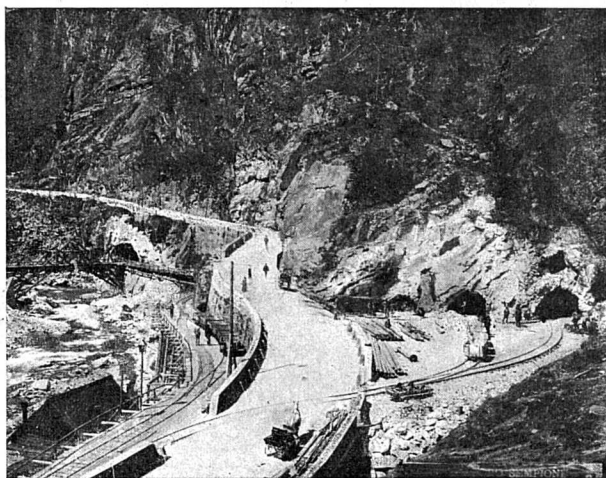


FIG. 3. — Insieme dei tre imbocchi italiani.

A sinistra sotto la strada l'imbocco della galleria di direzione; a destra i due imbocchi in curva, prima della costruzione del frontale.

rettilinea del due per mille, più che sufficiente allo scolo delle acque. Ma per non essere costretti a lavorare dalla parte svizzera in contropendenza per sì lungo tratto, fu deciso di dare, come è il caso di tutte le grandi gallerie, due pendenze in senso contrario, l'una del due per mille dal lato Nord, l'altra del sette per mille a Sud (fig. 4). Così la ferrovia raggiunge nel mezzo della montagna un piano a livello di 500 metri di lunghezza, situato a soli 705 metri sul mare. Di modo che il Sempione, mentre sarà la più lunga gal-

leria del mondo, sarà anche la più bassa, la qual cosa è certo di grande importanza per la rapidità e l'economia del traffico, venendo diminuite le pendenze e il consumo di energia motrice. È noto infatti che tutti gli altri passaggi alpini ferroviari sono assai più alti del Sempione:

il Cenisio	è a	1295	metri
il Gottardo	"	1154	"
il Brennero	"	1367	"
l'Arlberg	"	1310	"

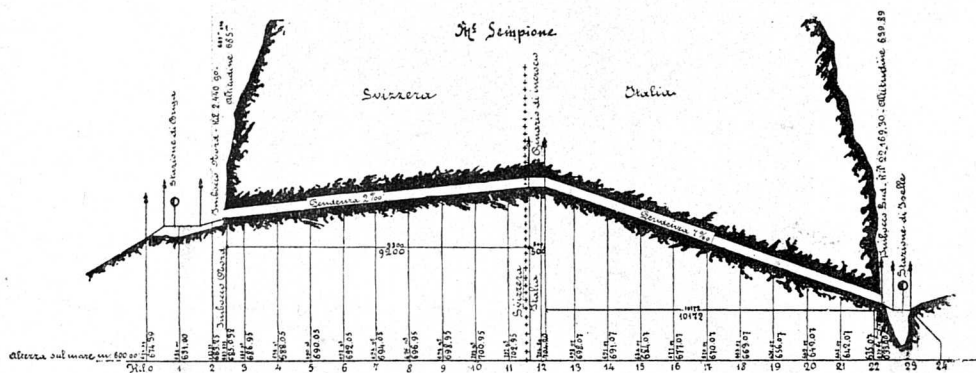


FIG. 4. — Profilo longitudinale della galleria del Sempione.

Il *Tunnel N. 1* sarà scavato e totalmente rivestito da muratura, *in sezione completa* (fig. 5), raffigurante un ovoide tronco alla base, di metri otto per cinque; il *N. 2* sarà invece per ora scavato in sezione ridotta di metri 3.20 per 2.50; esso è destinato finchè il movimento dei treni non ne richiederà l'ingrandimento, a raccogliere e convogliare le acque sorgive, a regolare la ventilazione, all'installazione dei fili elettrici, per luce, telefono e telegrafo: rimane adunque una *galleria di servizio*. Solamente nella tratta centrale a livello, della lunghezza di 500 metri, essa avrà una sezione uguale al *N. 1*, per lo scambio dei treni. Sarà pure scavata in piena sezione

presso gli imbocchi, allo scopo di poter sin d'ora erigervi il grandioso ed imponente frontale, che indicherà al viaggiatore l'ingresso nelle viscere del monte (fig. 6). — Con la progettata disposizione si calcola che il *N. 1* potrà servire al passaggio di 48 treni nel periodo di 24 ore, di cui quattro diretti, otto omnibus e trentasei treni merci. Per l'esecuzione dell'opera fu decisa la spesa di *cinquantaquattro milioni e mezzo*, ora accresciuta di circa quattro milioni per le gravi difficoltà incontrate (esclusa l'espropriazione dei terreni, la ghiaia e le rotaie occorrenti all'armatura della ferrovia); il tempo da impiegarsi fu convenuto di cinque anni e mezzo, ora pro-

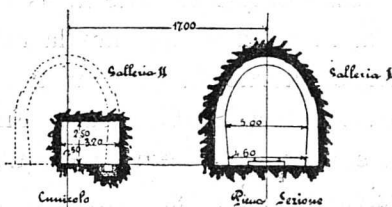


FIG. 5. — Sezione trasversale delle due gallerie.

tratto di dodici mesi, cioè fino al 30 Aprile 1905. Per ogni giorno di guadagno, 2000 lire di premio, ed altrettante di multa per ogni giorno di ritardo. Nella convenzione furono pure stabiliti dapprima quindici e poi diciannove milioni per l'allargamento del *tunnel N. 2* coi quali il costo totale del traforo con doppio binario sarà di **settantasette milioni e mezzo**, se altri accidenti non l'aumenteranno ancora.

* * *

Settantasette milioni e mezzo! Proviamoci, cortesi, Signori, a ridurre la somma, per meglio comprenderla, ad immagini più oggettive. Un metro cubo d'oro non costa che diciotto milioni e mezzo; occorre adunque una colonna di un

metro quadrato di base e alta quattro metri e mezzo per pagare il traforo del Sempione. Questa rispettabile colonna ridotta in monete d'oro da cento lire, da mettersi in fila l'una dopo l'altra, equivarrebbe ad una lunghezza di 26350 metri, più che sufficiente per segnare con esse l'asse di direzione del tunnel; se invece riduciamo la somma in marenghi, questi sarebbero quasi sufficienti a coprire da un imbocco all'altro le quattro rotaie del doppio binario, poichè essi formerebbero una lunghezza di 77500 metri! — Settantasette milioni e mezzo in argento equivalgono ad una massa di trentadue metri cubi, la quale ridotta in altrettanti scudi allineati coprirebbero una lunghezza di 488 chilometri, ossia la distanza fra Susa e Venezia. In pezzi da una lira la lunghezza arriva a 1782 chilometri, ossia tale da coprirne tutto il binario della linea Milano-Parigi (via S. Gottardo). Finalmente trasformando questa somma in biglietti da cinque lire, essi darebbero complessivamente una superficie di 84500 metri quadrati, equivalente ad una striscia larga quattro metri e mezzo e lunga diciannove chilometri e mezzo, con la quale ricoprire il pavimento del tunnel N. 1!

*
* *

Capo ed anima dell'Impresa a Iselle è l'ing. CARLO BRANDAU, tipo di robusto e vigoroso sassone, rude a primo aspetto, ma d'una cordialità e gentilezza che colpisce chi lo avvicina: buono e benefico oltre ogni dire, è il vero *papà degli operai*, che a lui frequentemente e non indarno ricorrono nelle loro angustie. Rimasto solo a capo della gigantesca impresa dopo la morte dell'ing. BRANDT (rapito da fiera polmonite sul campo delle sue fatiche dopo soli due anni dall'inizio dei lavori), egli è sicuro della sua stella, nessun ostacolo lo fa dubitare un istante, non indietreggia mai davanti al pericolo: si di-

MEDAGLIA DI S. BARBARA.



FIG. 6. — Frontale della galleria.



FIG. 7. — Perforatrice su affusto.

rebbe che le difficoltà sviluppino in lui nuove vigorie, nuovi impulsi irresistibili di procedere sempre, e che il suo motto sia: *Sempre avanti Sempione!* Gli antichi favoleggiarono di Vulcano agitantesi sotto il Mongibello; BRANDAU è il titano del Sempione, che a un suo cenno si strugge e si dilania, sotto la sua dinamite romba e tuona nella valle, già prima muta e deserta, mentre i cento echi della montagna ne ripercuotono gli scoppii con assordante fragore.

*
* * *

Due squadre di nerboruti lavoratori sono separate da una barriera montuosa, alta 2000 metri, lunga 20 chilometri; esse marciano seguendo la linea più breve fra gli interni strati della montagna, l'una contro l'altra, quasi si vedessero; conquistando il terreno palmo a palmo, fiduciose di incontrarsi un bel giorno od una bella notte (chè per essi è sempre la stessa cosa) nel cuore stesso delle Alpi, e stringersi in fraterno ed inebbriante amplesso. Chi li dirige sul retto cammino? Chi li assicura che non falliranno l'invisibile mèta in quel

Buio d'inferno e di notte privata
D'ogni pianeta, sotto pover cielo,
Quant'esser può di nuvol tenebrata? (1).

Chi li guida?... ciò che distingue l'uomo dalla talpa, *l'ingegno!*

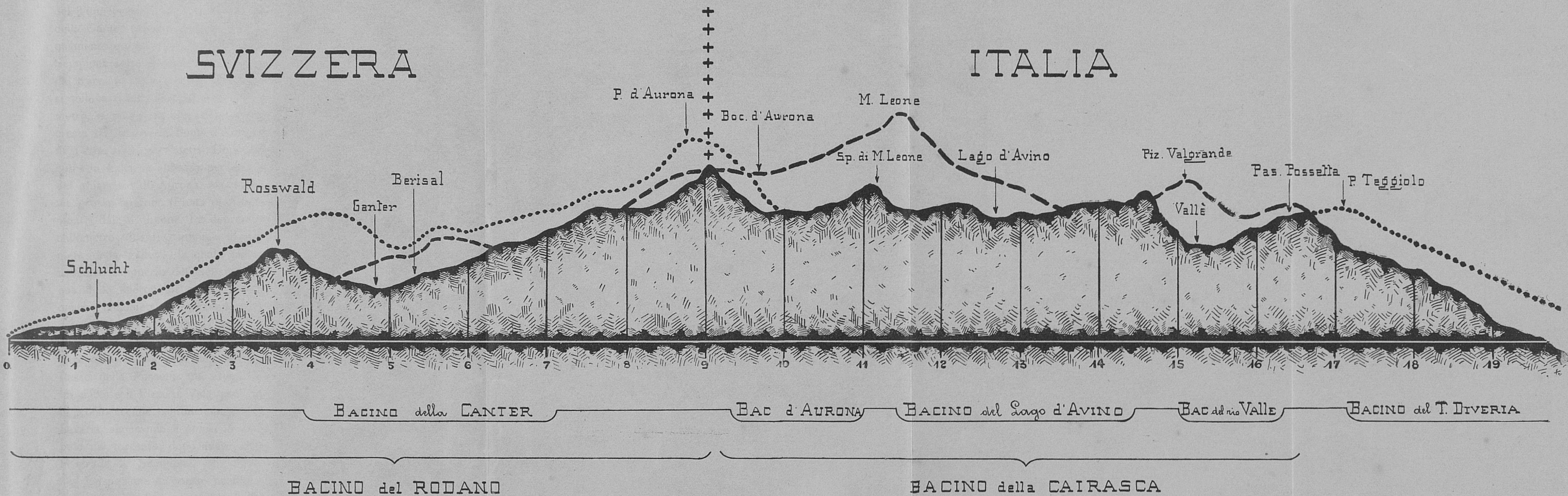
L'ingegnere dirigente deve dapprima conoscere esattamente il profilo delle montagne da perforare. A tal uopo egli le percorre superiormente più e più volte; ne conquista le vette e vi pianta i suoi segnali; ne percorre i pendii che tempesta di paline colorate, ne visita i ghiacciai che rallegra

(1) *Purg.*, XVI.

colle sue banderuole rosse; ne sorvola le valli col suo traguardo, e col filo a piombo ne scruta gli abissi. Toglie e rimette, trasporta e ricolloca, s'avanza e retrocede, sale e discende, misura e traguarda, calcola e ricalcola, sopporta l'arsura del sole, il riverbero delle nevi, le scalfitture dei sassi, le punture dei rovi, le sferzate della tormenta, e non si dà pace finchè non sia matematicamente sicuro che tutti i segnali infissi sono in una sola, identica ed esatta direzione, rappresentante il profilo della montagna (1). Se con un taglio ideale si seziona il monte *verticalmente*, mediante un piano passante per la linea dei segnali, la sezione darà il profilo della montagna e incontrerà i due punti estremi del traforo. L'ingegnere nel suo studio può allora riportare con somma minuzia, in scala minore del vero, le misure ed il profilo che risultano dai suoi calcoli, e riunendo nello spaccato ideale i punti estremi rappresentanti gli imbocchi, con due linee rette a contropendenza, stabilisce con esse *l'asse della galleria*. Altri calcoli matematici gli daranno la lunghezza precisa di questo asse spezzato, in metri, centimetri e millimetri: 19728 metri e 715 mm.!

(1) Ecco alcuni brani di lettere di un ingegnere triangolatore del Cenisio al prof. E. Bignami, dalle quali si può comprendere le difficoltà di siffatti lavori. — « Ai primi di Settembre (1857) avevamo terminato le operazioni preliminari per la linea della galleria, e cominciammo a salire su tutte le più alte vette per riconoscere i punti trigonometrici indicati sulla Carta dello Stato Maggiore e determinarne dei nuovi che servissero per vertici della triangolazione futura. In venti giorni avevamo segnati i più importanti capisaldi sul versante di settentrione, e, dopo ripetute controprove, fissati quelli del versante meridionale. Ai quindici di Ottobre era caduta tanta neve e soffiava un vento talmente indemoniato, che nemmeno i montanari volevano saperne di stare sui monti... » — « Che differenza, signor Professore, dal maneggiare gli strumenti seduti al tavolino in una buona stanza, e qui su per queste cime con le mani gelate, e certe nebbie che sembrano ricotte! » — « L'osservazione complessiva comprende ventuna stazione, ed osservammo nientemeno che ottantasei angoli, alcuni fino a sessanta volte, altri venti, tutti gli altri per lo meno dieci volte: duemila osservazioni; affare da nulla! Mi veniva in mente l'amico bolognese che si impazientava in accademia a misurare due volte, e diceva sempre: *Mo lo sa misuré!* » (E. BIGNAMI, *Cenisio e Fréjus*, Firenze, Barbera, 1871).

PROFILO DEL SEMPIONE SECONDO L'ASSE DELLA GALLERIA.



..... Profilo del Sempione a 1300 metri verso N. E. (al di là della galleria).

----- Profilo del Sempione a 1300 metri verso S. W. (al di qua della galleria).

Ecco ora il profilo del Traforo del Sempione (Tav. II):

Dalla parte di Briga sale dapprima dolcemente sino a tagliare, nelle vicinanze di Rosswald, il contrafforte montuoso del Tunnetschorn, che separa il bacino del Rodano da quello della Ganter (confluente della Saltina), ed attraversando obliquamente questa valletta, taglia quattro volte la strada del Sempione sotto Berisal, come già prima vedemmo meglio dal tracciato della galleria. Dopo di che il profilo montuoso si solleva continuamente sino a raggiungere, al nono chilometro, la maggiore elevazione, in un punto intermedio della cresta che unisce la Punta d'Aurona (2985 metri) alla Punta di Terrarossa (3247 metri). Dopo questa elevazione il profilo entra in Italia, si abbassa per attraversare il piccolo bacino del ghiacciaio di Aurona, ma tosto si rialza a sormontare un grosso sperone (Punta di Amoinciei), che scende ripidamente dal M. Leone. La depressione che esiste al decimo chilometro, fra il confine e lo sperone, segna adunque la metà della galleria, la quale pertanto porta superiormente il bianco cappuccio dell'elegante ghiacciaio d'Aurona. Al di qua dello sperone il profilo scende e sale dolcemente per quattro chilometri, percorrendo il poetico e severo altipiano del Lago d'Avino, sino a che, affacciatosi ai ripidi canaloni che scendono nella gola di Vallè, vi si getta bruscamente, oltrepassandola a valle delle Balmelle, per tosto risalire al Passo della Possetta (m. 2190), che giace fra il Teggiolo (m. 2386) e il Pizzo di Valgrande (m. 2858). Da questo passo il profilo scende continuamente sino a quasi raggiungere la Diveria, sboccando il *tunnel di direzione* a pochi metri dal pelo del torrente, dopo avere attraversato una sesta volta la strada del Sempione.

L'ispezione di questo profilo, unitamente agli altri due che corrono ad una distanza di 1300 metri a destra e a sinistra del traforo, dimostra chiaramente lo studio che si

fece per scegliere la linea che maggiormente si scosta dalle alte cime, allo scopo di evitare delle temperature eccessive. La Punta d'Aurona e il Teggiolo a Nord-est, il Terrarossa, il Leone e il Pizzo Valgrande a Sud-ovest, rappresentano la guardia d'onore che fiancheggia l'asse del traforo.

Lo studio fatto al tavolino viene dall'ingegnere riportato sul terreno. Sulla parete rocciosa è segnato un punto: *l'estremità dell'asse di direzione*. Ma questo punto non tarderà a scomparire sotto i rabbiosi morsi della dinamite; come si farà ad inseguirlo? Come si potrà trovarne un secondo più addentro nella montagna, ma in linea determinata col primo? Oh se ci fosse un filo, per quanto tenue, che ne segnasse la via nel duro macigno; il filo d'Arianna per procedere oltre sicuri! — *Dammi un punto*, gridava Archimede, *e ti moverò la terra*; — dammi un punto, grida l'ingegnere, e ti darò il Sempione traforato!

State sicuri, Signori, il filo c'è; è solo questione di vederlo. Più fortunato di Archimede, l'ingegnere non tarda a trovare il suo secondo punto, e poi un terzo, un quarto, un centesimo, un millesimo, e tutti in linea retta fra loro e col l'invisibile punto centrale, a cui tutti anelano. — In che modo?

A parecchi metri di altezza sopra il primo punto omai cancellato dalle mine, se ne trova un altro, sullo stesso piano verticale di quello scomparso, segnato colla massima cura su una lastra di marmo, previamente murata nella roccia viva, in luogo sicuro, e per maggior difesa protetto da custodia in ferro. In corrispondenza a questo, e ancora sullo stesso piano verticale, ma davanti all'imbocco della galleria di direzione, e tanto più lontano da essa quanto più lo permette l'angustia della valle, sta un pilastrino di pietra, sormontato pure da lastra in marmo, perfettamente orizzontale, sulla quale è segnato un altro punto, che è il centro di una croce, di cui sono rigorosamente conosciuti tutti i dati topografici (fig. 8).

Se per la prima lastra sulla rupe basta una custodia di ferro, qui necessita addirittura una casetta, per difenderla gelosamente dalle intemperie, dai passanti, dalle mine e da ogni altra causa perturbatrice. Su questa lastra l'ingegnere pone

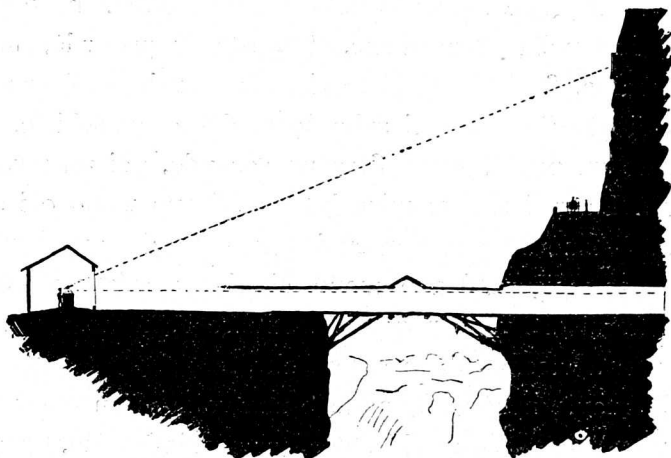


FIG. 8. — Schema per dimostrare come si mantiene l'esatta direzione della Galleria (1).

il suo teodolite, delicatissimo strumento di precisione, centrandone l'asse verticale, col punto sottostante. Dirige dapprima il canocchiale alla prima lastra in alto, nel punto segnato, e stabilisce così una prima visuale. Egli conosce esattamente, fino alle frazioni di minuto secondo, l'angolo che

(1) Lo schema rappresenta uno spaccato verticale della galleria di direzione, pel ponte sulla Diveria e del casotto di misura. Le due linee punteggiate rappresentano due visuali; la prima termina alla lastra di marmo che è murata nella roccia viva sopra la strada del Sempione; la seconda si prolunga indefinitamente nella galleria, rappresentandone l'asse. Stabilita la prima visuale fra il teodolite e la lastra di marmo, essendo noto l'angolo che devono formare le due punteggiate, sarà facile, mediante conveniente rotazione del cannocchiale, stabilire la seconda visuale, sul cui prolungamento dovranno trovarsi i punti luminosi che indicano l'asse della galleria.

questa visuale deve fare con un'altra, che è per l'appunto l'asse del traforo. Abbassa il suo cannocchiale di quanto esige quest'angolo, e, se occorre, ne legge il valore col microscopio, sui cerchi graduati che fanno parte del teodolite; e viene così stabilita la seconda visuale, coincidente con l'asse della galleria. Un punto luminoso nel buio del traforo, che è dato da una fiammella ad acetilene, si sposta or qua or là, si alza e si abbassa, finchè esso si trovi sulla visuale, ossia sull'incrocio di due fili, giacenti sulla lente del cannocchiale. Determinato un punto, se ne fissa un secondo, poi un terzo, e così via. La galleria cammina bene se il suo piano e i suoi fianchi, distano sempre perpendicolarmente da questi punti della stessa misura. Mano mano che la galleria procede, i punti interni di livello possono sostituire l'esterno, e via via sostituirsi a vicenda l'uno dopo l'altro.

È tuttavia necessario, almeno una volta all'anno, controllare tutta l'operazione dall'esterno sino all'avanzata. Quando si fa il controllo, tutta la galleria deve essere sgombra di operai e d'ogni ostacolo che possa intercettarne la visuale; dev'essere libera da fumi e da vapori che smorzino il scintillio de' punti luminosi, quindi la necessità di sospendere temporaneamente i lavori. Per l'ultima verifica dell'asse di direzione, fatta in occasione di S. Barbara (4 Dicembre 1903), festa solenne dei minatori, il lavoro di controllo durò quasi tre giorni! — Immaginate quanta minuzia deve porre l'ingegnere in questa operazione, e nella scelta degli strumenti e nell'adoperarli, pensando che un menomo sbaglio può portare nel centro della montagna a delle deviazioni di centinaia di metri, in causa della lunghezza dell'asse.

Data la delicatezza di queste osservazioni, non è a meravigliare, se invece di ripeterle pel *Tunnel N. 2*, si preferisce scavare delle gallerie trasversali, ogni duecento metri, le quali sono sufficienti per mantenere al *2* la stessa inclina-

zione, e una direzione parallela, spostata di 17 metri. È pure ovvio che queste trasversali, a lavoro compiuto, saranno chiuse daccapo, come già si fa sin d'ora, mano mano che procedendo il 2, diventano inutili, anzi di ostacolo alle esigenze della ventilazione (1).

(1) La ragione per la quale si adottò il sistema delle due gallerie parallele è data specialmente dalla grande comodità della ventilazione e della eduazione delle acque filtranti. — Riguardo alle acque di infiltrazione (le quali al Sempione, come al Colle di Tenda, raggiunsero e sorpassarono i mille litri al minuto secondo), benchè alle lunghe gallerie si dia doppia pendenza in senso contrario in modo che il deflusso avvenga naturalmente verso i due imbocchi, tuttavia esse non possono venir raccolte nell'acquedotto definitivo che dopo ultimato un certo tratto di galleria, essendo l'acquedotto, per molte ragioni d'indole tecnica, l'ultima cosa da costrurre. Ne consegue che i cantieri dell'avanzata, dell'allargamento e del rivestimento sono continuamente soggetti all'invasione delle acque di infiltrazione, il che rende assai più malagevole il lavoro e meno proficua la mano d'opera. L'esperienza fatta al Sempione ha dimostrato quanto sia utile in tal caso un secondo cunicolo indipendente dal primo, nel quale si possano tosto convogliare le acque di infiltrazione e delle perforatrici, rimanendone tutt'al più ingombrato temporariamente l'avanzamento, ma perfettamente liberi gli altri cantieri dentro il *tunnel*. Nel caso poi che il canale costruito fosse insufficiente all'eduazione delle acque (caso che si verificò nella galleria del Colle di Tenda, e fu grave causa di ritardo), tutto il cunicolo può servire a questo scopo; il che appunto avvenne anche al Sempione ove il N. 2 dall'imbocco italiano sino alla progressiva di m. 4450 è totalmente invaso dall'acqua scorrente, senz'ombra di danno pel servizio dei lavori, anzi con beneficio della ventilazione.

Riguardo alla ventilazione, che deve essere tanto più abbondante quanto più è lunga la galleria e quanto più è elevata l'interna temperatura, si suole ordinariamente ricorrere a delle speciali condotte metalliche, in cui l'aria viene soffiata dall'esterno mediante appositi ventilatori. Ma la condotta metallica non può avere un diametro maggiore di 50 centimetri, se non si vuol che riesca troppo ingombrante, e quindi il volume d'aria già assai limitato, sarà ancora tanto più esiguo quanto più è sviluppato l'asse della galleria, senza tener calcolo dei continui danni a cui è esposta la tubazione, specialmente nei cantieri di allargamento. Devesi ancora tenere presente che una siffatta tubazione metallica, corrente per parecchi chilometri in un ambiente caldo, non può a meno di risentirne fortemente il riscaldamento, e giungere all'avanzata con scarso effetto refrigerante. Al Sempione potendosi disporre di una galleria di servizio, questa funge direttamente da condotta d'aria. L'aria aspirata da due potenti ventilatori, collocati all'imbocco, viene spinta nel N. 2 che è direttamente collegato all'edificio di ventilazione; risale tutto il cunicolo e si rinfresca al contatto delle acque di infiltrazione, finchè giunta all'ultima traversa passa nel N. 1, e ritorna

Si incontreranno esattamente i due imbocchi? L'uomo non ne dubita menomamente, per ciò che concerne la scrupolosità del suo lavoro; ma vi sono delle cause estranee, indietro a beneficio di tutti i cantieri interni. Per spingerla poi dall'ultima traversa sino all'avanzata (la quale distanza sarà al massimo di 200 metri), si fa uso di speciali iniettori d'acqua compressa a 100 atmosfere, che sprigionandosi in violentissimo getto entro una tubazione che percorre questa distanza, aspira

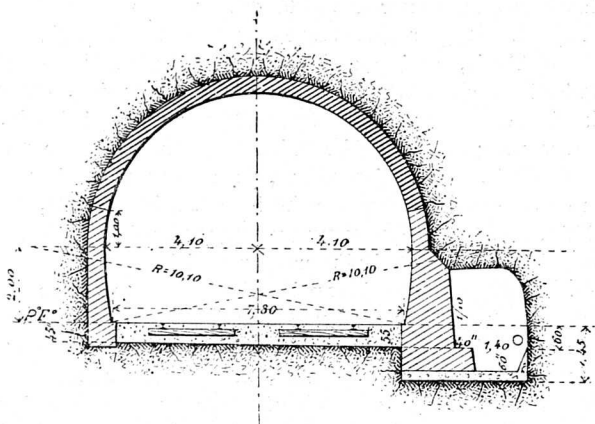


FIG. 9. — Sezione normale di una lunga galleria a doppio binario, scavata col sistema proposto dell'Ing. CHIAPUZZI.

l'aria pura dall'ultima traversa e rinfrescata dalla polverizzazione dell'acqua, la spinge fino all'avanzata. Così al Sempione possono circolare fino a 50 metri cubi d'aria al minuto secondo.

Considerando tuttavia che col sistema adottato al Sempione, bisogna procedere di pari passo alla perforazione meccanica di due gallerie d'avanzamento, ed allo scavo di gallerie trasversali, per cui si richiedono impianti meccanici proporzionati, e non potendosi dubitare che, a parità condizioni, una galleria a doppio binario costa meno di due gallerie a un binario solo, l'Ing. GEROLAMO CHIAPUZZI, addetto dall'inizio dei lavori al Traforo del Sempione, ideò e descrisse recentemente un nuovo metodo per l'escavazione delle lunghe gallerie, che unisce le comodità sperimentate al Sempione all'economia di una sola galleria a doppio binario. (Ing. G. CHIAPUZZI, *Proposta di un nuovo metodo di escavazione delle lunghe gallerie ferroviarie, in rapporto all'eduzione delle acque e alla ventilazione*, Torino, 1904. Estratto dall'*Ingegneria civile e arti industriali*, vol. XXIX). Questo metodo consiste essenzialmente nello scavare un solo cunicolo di avanzata ad un livello inferiore a quello che avrà poi il piano della galleria (fig. 9). Il cunicolo viene successivamente allargato da una parte sola, in ma-

come ad es.: la mobilità del terreno, ed altre che sarebbe troppo lungo qui menzionare, le quali fanno sempre temere. Certo non è il caso di parlare di forti deviazioni nella direzione, tali, ad esempio, da risulterne quattro gallerie al centro in luogo di due: l'ampiezza stessa della fronte di attacco, e la sonorità della roccia, che permette di udire i colpi di mazza a venti o trenta metri di spessore, e i colpi di mina a molto maggior distanza, assicurano un incontro comechessia: ma di qui all'estrema esattezza ci corre. — Al certo nessuna penna varrà a descrivere la febbre e l'entusiasmo delle opposte squadre di minatori, quando lo scoppio della dinamite li rivelerà gli uni agli altri; allorchè si avventeranno con incredibile foga colla sonda d'acciaio, di quindici o venti metri di lunghezza, contro la parete che li divide, spinti più che dal premio, dalla gloria che s'accompagna alla squadra che per la prima forerà la barriera che separa due popoli, due nazioni! (1). — Recentemente avemmo un brillante esempio di quanto valga l'esattezza del calcolo e l'ingegno

niera da trarne lateralmente tutta la sezione della galleria, che rimane poi divisa dal cunicolo mediante un piedritto della rivestitura muraria. Questo cunicolo essendo il primo nello scavo e il più basso di livello, può servire da condotta d'aria e da scolatoio per le acque e nello stesso tempo può ricevere tutte le tubazioni di energia motrice ed i fili elettrici. La figura dimostra la sezione normale di una galleria col sistema Chiapuzzi che comprende anche i casi di forti e fortissime pressioni della roccia circumambiente. Questo nuovo metodo è tanto logico e parlante di per sè in proprio favore, che è desiderabile di vederlo applicato a qualcheduna delle lunghe gallerie ferroviarie (per esempio allo Spluga), che non mancheranno certo di perforarsi, anche dopo il Sempione, perchè è sempre vero che l'appetito vien mangiando, e anche le gallerie sono come le ciliege, l'una tira l'altra.

(1) Questo io scriveva nel Marzo scorso, allorchè i lavori dalla parte di Briga venivano ripresi dopo un ristagno forzato di quattro mesi in causa dell'acqua termale. Ora che i lavori al di là della galleria sono nuovamente e definitivamente interrotti e l'avanzata si compie solo da Iselle, non avremo forse più la gara fra le due squadre, ma l'incontro fra la squadra italiana e l'acqua calda accumulata all'altra avanzata. Ho detto *forse*, perchè potrebbe anche darsi che l'acqua ivi accumulata riesca a sfuggire dalle fenditure della roccia italiana, quando non vi saranno più che quaranta o cinquanta metri da perforare, e, rimanendo sgombro o quasi l'imbocco svizzero, si riesca ancora a.... stabilire la gara.

umano: nella galleria *elicoidale* di Trasquera, malgrado le acque filtranti, la decomposizione delle rocce e l'estrema mobilità del terreno che spostava i punti di livello, costringendo a ripetute e difficili prove di controllo, gli assi dei due imbocchi, l'uno in curva saliente, l'altro in curva rovescia e discendente, si incontrarono con precisione meravigliosa, costituendo una sola linea spirale di un passo di vite. Dunque onore all'ing. BAZZARO, direttore dei lavori all'elicoidale, e... *Sempre avanti Sempione!*

* * *

Un altro problema, dalla cui soluzione dipende la più o meno rapida esecuzione dei lavori e il costo dei medesimi, è la previsione delle rocce che si dovranno perforare.

Lenta, ma di sicuro effetto nel compatto e resistente gneiss granitico, la perforazione meccanica diviene rapida nei teneri calcari; irregolare e di pessimo esito negli scisti decomposti. Nel Traforo del Ceniso si perdettero quasi un anno a perforare un modesto banco di durissima e vetrigna quarzite, come nel Traforo del Sempione si perdettero quattro mesi a oltrepassare *quaranta metri* di scisto calcareo molle e cedevole. È dunque necessario conoscere dapprima la natura e lo spessore degli strati che si dovranno attraversare, per stabilire il tempo e la spesa necessari al gran lavoro. — Come si può indovinare preventivamente quali saranno le rocce che incontrerà la perforatrice ad una profondità orizzontale di dieci o quindici chilometri, e sotto una verticale di due o tremila metri? Qui è dove la scienza umana si sente meno sicura nelle proprie affermazioni.

La geologia, *scienza ancor bambina*, secondo l'espressiva frase dello STOPPANI, a troppi e gravi problemi deve

tenere rivolta la sua attenzione, perchè possa procedere con quella rapidità, che fu la caratteristica di altri rami dell'umano sapere. Sorella dell'astronomia che indaga le profondità dello spazio, essa scruta le profondità dei tempi, e per cotale analisi, essenzialmente induttiva, scarse ancora e malferme sono le sue basi, corta è la sua vista, immenso il numero delle cause ancora insolute. Sintesi di tutte le scienze fisiche, chimiche e naturali, nelle sue indagini procede a tentoni, passo passo, per non dare in fallo, giovandosi dei progressi di queste. Ma la lentezza del suo procedere è ampiamente compensata dalle meravigliose notizie di che essa arricchisce il patrimonio scientifico. La geologia ci parla del mondo presente e di mondi passati; ci narra le vicende della terra in epoche da noi remotissime, delle sue molteplici evoluzioni, di esseri strani, popolanti quegli antichi mondi, ormai scomparsi dalla scena della vita; così strani e diversi dagli attuali viventi, che si direbbero favolosi, se le loro reliquie conservate in seno agli strati terrestri non li attestassero con ogni certezza. La geologia fruga pazientemente nel profondo di questi strati terrestri; osserva come si formarono, come si sovrapposero, come si drizzarono sotto l'impulso immane delle forze telluriche, come a questo impulso si incurvarono, si rovesciarono, si torsero in mille guise, costituendo le catene montuose e le sconfinite piattaforme.

Ecco come il geologo osservando gli strati raddrizzati e contorti, che spuntano esternamente sul *Profilo del Sempione*, ne nota la direzione colla bussola, col pendolo ne calcola la pendenza, ne misura col metro lo spessore. Più esigente dell'ingegnere a cui basta il semplice profilo della montagna, il geologo insegue gli strati nell'interno della scorza terrestre e ne costruisce lo spaccato. Se molte volte i fatti successivi confermano le sue brillanti induzioni, è pur vero che, non di rado, si accorge di avere errato. Interessantissima è a questo

riguardo la storia geologica del Traforo del Sempione: nessuno dei precedenti trafori alpini diede luogo a tante discussioni, a tante previsioni, così diverse l'una dall'altra, e dalla realtà manifestatasi nello scavo della galleria!

Ma io mi ricordo in buon punto che la mia dovrebbe essere una piana e dilettevole Conferenza, più che una pesante discussione scientifica sugli strati che formano il Sempione: non potendo pertanto evitare del tutto lo scoglio geologico, cercherò di essere il più possibile facile e breve.

Ho già detto che l'idea di riunire la Svizzera ed il Piemonte con una grande linea ferroviaria attraverso il Sempione è molto antica, poichè nacque verso la metà del secolo scorso. Era naturale pertanto che l'attenzione dei geologi fosse fin da quel tempo rivolta allo studio delle rocce che compongono la grande barriera separante il bacino del Rodano da quello della Toce. — È da notare tuttavia, per inciso, che la maggior parte di questi studii furono eseguiti dagli Svizzeri, e che noi Italiani dobbiamo ancor adesso lamentare la mancanza di una Carta geologica ufficiale dell'Ossola, come del resto di tante altre regioni italiane, in favor della quale il nostro STOPPANI combattè ad oltranza colla voce e cogli scritti; Carta geologica a cui solo adesso si dà opera dal Comitato geologico italiano, per le buone insistenze del prof. TARAMELLI, e che si spera di veder pubblicata per l'epoca della grande inaugurazione.

La molteplice varietà delle rocce che si incontrano nel gruppo del Sempione, possiamo ridurle ad alcuni tipi principali, comprendenti alla lor volta una svariaticissima serie di forme, sfumanti gradatamente l'una nell'altra. I tipi principali sono *gneiss*, calcari e scisti diversissimi. Il durissimo *gneiss d'Antigorio*, simile al granito, inizia la serie dall'imbocco italiano. Seguono i calcari, composti di marmi diversi, a cui si associano gessi, dolomiti e carnirole; viene poscia la lun-

ghissima serie degli scisti, che io vi risparmio per non tediarvi, a cui tiene dietro, nel cuore del traforo, un altro gneiss, più laminato e molto scistoso, che dalla suprema vetta che gli sta sopra, prende il nome di *gneiss di Monte Leone*, i cui strati sono frequentemente divisi da intercalazioni degli scisti precedenti, che finalmente sotto il villaggio di Berisal ripigliano di nuovo il sopravvento, e in compagnia di frequenti banchi di calcare e di gesso, giungono sino all'imbocco svizzero. È un piatto un po' pesante, lo comprendo, per molti miei gentili uditori, massime somministrato così alla svelta come una medicina amara; ma è necessario per afferrare il concetto del rapidissimo sunto, con cui proseguo e chiudo questa questione, che per la scienza è di somma importanza. — Parecchi geologi e illustri professori, HEIM, LORY, RENEVIER, TARAMELLI (1), e tra essi anche il prof. SCHARDT, che presentò il cosiddetto *profilo geologico ufficiale*, accettato dalla Compagnia del Sempione come base per la stipulazione del contratto (2), avevano dapprima supposto che il gneiss d'Antigorio, formasse come una gran volta per entro la montagna, spingentesi fino a sei chilometri dall'imbocco meridionale (fig. 10); ad essa dovevano seguire i calcari, addossati a questa volta a guisa di rivestitura, e poi via via gli scisti e gli altri gneiss. Si supposeva cioè che la montagna fosse formata da una semplice sovrapposizione di strati, ricoprentisi gli uni gli altri e tutti incurvati sul grande cupolone di gneiss granitico. Solo dal lato svizzero si supposeva una piega a conca degli scisti, verticali nel mezzo, e volgentisi gradatamente a Nord

(1) RENEVIER E., *Structure géologique du Massif du Simplon à propos du tunnel projeté*, Lausanne, 1878. — RENEVIER E., *Etude géologique sur le nouveau projet de tunnel condé, traversant le massif du Simplon*, Lausanne, Mai 1883. (Extrait du *Bull. de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, vol. XIX, N. 89).

(2) J. DUMUR, *Traversée du Simplon. Rapport sur les études 1890-91*. Berne, impr. Stämpfli et C., 1891; *Simplon-Tunnel. Projekt 1893*. Berne, Buchdruckerei Gebhardt, Rösch Schatzmann.

e a Sud, come le stecche di un grande ventaglio spiegato. Anche il mio carissimo amico ing. STEFANO TRAVERSO, autore

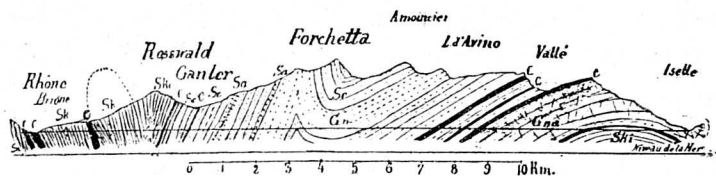


FIG. 10. — Profilo geologico del Sempione
secondo il progetto ufficiale del 1893 (1).

Sk. scisti lucidi — C. calcare, marmo, dolomite, gesso, ecc. (Trias) — Sc. scisti cristallini — Sa. scisti anfibolici — Gn. gneiss — Gna. gneiss d'Antigorio.

di un bel volume sulla *Geologia dell'Ossola*, supponeva press'a poco la medesima disposizione degli strati (fig. 11), con la

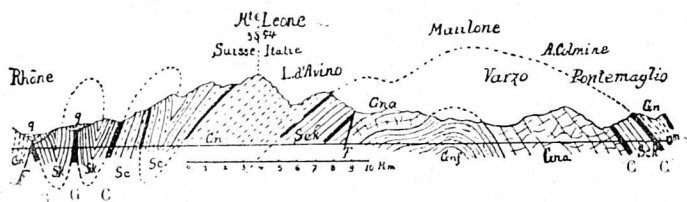


FIG. 11. — Profilo geologico attraverso il gruppo del Sempione
secondo Traverso (1895).

Sk. scisti lucidi (o di Casanna) — g. gesso — C. calcare — Sc. micascisti — Gn. gneiss scistoso — Sch. calcescisti gneissici — Gna. gneiss d'Antigorio — GnF. gneiss fogliettato — F. taglia o salto.

variante all'imbocco Nord, di una triplice piega negli scisti, quasi tre ventagli semi aperti l'uno dopo l'altro (2).

(1) Tolgo questo e i seguenti profili geologici e il profilo grande a colori dallo studio del Dott. H. SCHARDT: *Note sur le profil géologique et la tectonique du Massif du Simplon, suivi d'un rapport supplémentaire sur les venues d'eau rencontrées dans le Tunnel du Simplon, du côté d'Iselle*. Lausanne, Impr. Corbaz e C., 1903.

(2) STEFANO TRAVERSO, *Geologia dell'Ossola*. Con 11 tavole ed una carta geologica. Genova, tip. Ciminago, 1895.

La perforazione dimostrò un assetto stratigrafico ben diverso dall'ideato. Il gneiss d'Antigorio non forma già, coi suoi strati, una gran vòlta, ma essi sono ripiegati come i fogli di un enorme volume col dorso verso il centro del gruppo montuoso. Ne conseguì che la roccia disparve due chilometri prima del supposto, e di altrettanto apparvero prima i calcari con le acque inondanti e gli scisti colle loro pressioni, e fu nel medesimo tempo fortuna e disgrazia per l'Impresa

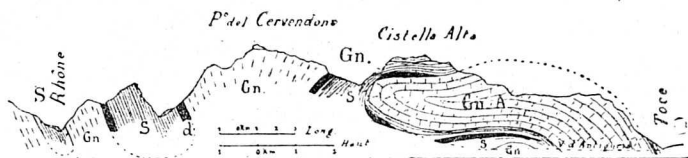


FIG. 12. — Profilo geologico
presso il gruppo del Sempione secondo Gerlach (1865).

Sc. scisti metamorfici — d. rocce triasiche — Gn gneiss
Gn. A. Gneiss d'Antigorio.

Brandau (1). Eppure sino dal 1865 un valente geologo svizzero, il GERLACH, aveva preveduta la cosa. Tra i profili che accompagnano la sua carta geologica del Vallese, ve n'ha uno (fig. 12) che taglia il gruppo del Sempione, ove gli strati di gneiss d'Antigorio sono appunto ripiegati a libro nel modo anzidetto, ossia con quella speciale disposizione che i geologi chiamano *strati a C*. (2). È veramente meravigliosa la chiarezza del GERLACH, che fu realmente colui che più addentro di ogni altro penetrò nel dedalo stratigrafico del Vallese e del Sempione, la cui intricata costituzione si sarebbe al certo chiarita assai prima, se troppo presto egli non fosse

(1) *Fortuna* per la scomparsa dianzi il tempo previsto di una roccia durissima alla perforazione, e *disgrazia* per la strabocchevole quantità delle acque che accompagnarono l'apparire del calcare.

(2) GERLACH H., *Die Penninischen Alpen*, 1869.

stato tolto alla scienza da luttuosa catastrofe alpina, avvenuta nel 1871.

Anche nel profilo del prof. SCHMIDT dell'Università di Basilea, è notata questa disposizione a C nel gneiss granitoide

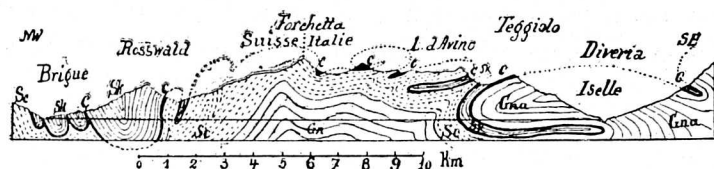


FIG. 13. — Profilo geologico lungo l'asse del Traforo del Sempione secondo Schmidt (1901).

Sk. scisti lucidi (Giura) — d. calcare dolomitico, anidrite, ecc. (Trias)
Sc. scisti micacei e gneiss superiori — Gn. gneiss inferiori — Gna. gneiss d'Antigorio.

(fig. 13), ma egli errò profondamente nel supporre la ripetizione di una roccia analoga, lungo l'asse del Traforo dal 6.^o chilometro al 13.^o, misurando dall'imbocco Sud (1). Omai non mancano che poche centinaia di metri all'incontro, ma l'uniformità di questa roccia centrale, simile al gneiss d'Antigorio, più non riapparve. La struttura del Sempione, creduta molto semplice da principio, si addimostrò mano mano più complicata.

Parecchi altri profili ed autori emeriti sarebbero ancora da ricordare, per la parte che presero nell'ardua questione, ma

Io non posso ritrar di tutti appieno,
Perocchè sì mi caccia il lungo tema
Chè molte volte al fatto il dir vien meno (2).

(1) C. SCHMIDT, *Géologie du Simplon*. Bibliothèque universelle. Arch. vol. XXXIV, 1895. — *Ueber die neue geologische Uebersichtskarte der Schweiz 1:500000*. Zurich, 1894. — *Bemerkungen zum Entwurf eines geologischen Profiles durch den Simplon in der Richtung der Tunnelaxe, 1901-02*.

(2) *Inf.*, c. IV, 145.

Menzionerò tuttavia ancora il dott. LUGEON, professore a Losanna, il quale nel suo spaccato geologico (fig. 14), presentato nel 1901 (1), moltiplica le pieghe degli strati, come le curve che si ripetono e si inseguono nel volante di una tendina, e chiuderò finalmente la serie col dott. SCHARDT, geologo ufficiale del Sempione, il quale pure più volte dovette mutare le sue idee dinanzi alle mirabili sorprese della galleria (2), i cui strati potè seguire e segue ancora passo passo con ogni minuzia, e che ci diede, or non è molto (3), un nuovo spaccato, riunendo le curve attestate al di fuori dal profilo con quelle mostrate dentro dalla galleria. Come si vede dal suo profilo (4), le pieghe dei gneiss (rossastri) e degli scisti (azzurri), sono divenute più numerose e più complicate: gli strati si presen-

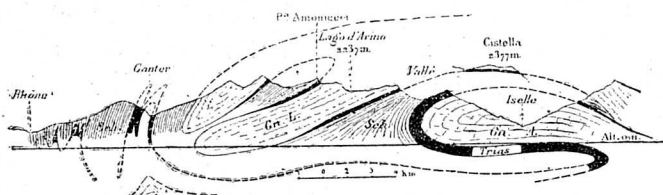


FIG. 14. — Profilo geologico
attraverso l'asse del Traforo del Sempione secondo Lugeon (1904).

Sch. scisti lucidi — Gn. L. gneiss del M. Leone — Gn. A. gneiss d'Antigorio.

tano ripetuti ed incurvati come nelle finissime pieghettature di un pizzo. Sarà questa l'ultima parola sulla struttura del

(1) M. LUGEON. *Les grandes nappes de recouvrement*. Bull. de la Soc. géol. de France, 1901, pag. 815. — *Coupe géologique du massif du Simplon*. Compt. Rend. Acad. Sc., Paris, 24 marzo 1902.

(2) H. SCHARDT, *Le gneiss d'Antigorio*. C. R. Soc. helvet. Sc. Nat., Lausanne. « Arch. Sc. phys. et nat. ». Genève, t. XXX, novembre 1893. — Id., *Profil du Simplon*, « Livret guide géologique de la Suisse », 1894, p. 190-193.

(3) V. *Note sur le profil*, ecc. dianzi citato.

(4) Vedi la Tavola a colori *Profilo geologico del Sempione secondo il dottor H. Schardt*, in fondo al volume.

Sempione? Gli ultimi metri che ancora rimangono, non riservano qualche altra sorpresa, per l'opera voluminosa e definitiva che sull'argomento prepara il dott. SCHARDT? La cosa è tutt'altro che improbabile, ma intanto pensiamo: dal ventaglio al volante, dal volante al pizzo; con ragione il professore TARAMELLI esclama, che sotto l'apparenza di una semplice vòlta si nasconde una delle più meravigliose pieghe delle Alpi (1) e che il traforo del Sempione fu una *débaclé* per la geologia!

Ricordando però una sì svariata collezione di profili per la stessa montagna, non crediamoci autorizzati, o Signori, a proclamare la bancarotta della scienza, come prontamente sogliono proclamarla i gufi, timorosi della luce, ad ogni idea che si deve correggere. Pensiamo piuttosto alle multiformi difficoltà che si oppongono alla geologia in questo campo, alla singolare complicazione del caso presente, e alla poca esperienza che i fatti sinora le presentarono per assicurarsi

(1) Vedi TORQUATO TARAMELLI, *Alcune osservazioni stratigrafiche nei dintorni di Varzo*. Estr. dai « Rendiconti del R. Ist. Lomb. di Sc. e lett. », Serie II, Vol. XXXV, 1902. — Anche in questa nota il prof. TARAMELLI insiste sulla necessità assoluta della *Carta geologica italiana*, e non stimo inutile, in questi tempi di straordinarie e strane economie governative, riportarne le belle parole di chiusa: — « I fatti dimostrano che una carta geologica inesatta è più dannosa che la mancanza di qualsiasi carta, ma è altrettanto vero che una buona carta, anche nella modesta scala di 1 : 100000, nella quale scala si è cominciato a pubblicare la nostra del regno, può servire sufficientemente, così per le indagini scientifiche come per le applicazioni all'agricoltura, all'edilizia e alle industrie estrattive. La carta delle Alpi occidentali, pressochè ultimata, giace inedita, per economia, all'Ufficio geologico, pel quale si sono sempre più falcidiati gli stanziamenti nel bilancio; il rilievo delle provincie lombarde e venete non fu per anco incominciato. Ora, non pare ai reggitori della cosa pubblica che, poichè una legge ha ordinato tanti anni fa la carta geologica d'Italia, si potrebbe anche pensare a compierla ed a pubblicarla al più presto? Che poi, tra mezzo secolo se ne abbia a pubblicare un'altra migliore, è altrettanto desiderabile quanto probabile; purchè non prevalga allora qualche altro sistema di illustrazioni locali, eseguite da vari punti di vista e per scopi differenti. — Per quanto riguarda la regione del Sempione, io credo che sarebbe onorevole per l'Italia, almeno quanto il possedere una batteria od una torpediniera di più, l'averne pubblicata la Carta

nelle sue affermazioni. Le dispute dei geologi sugli strati del Sempione, ci appariranno allora molto analoghe a quelle dei fisici sul principio del secolo scorso, a quelle controversie tra Volta e Galvani sulla rana scorticata, che parvero ridicole alle menti superficiali. Da quelle dispute uscì la *Pila*, origine prima dell'attuale progresso scientifico ed industriale; da queste usciranno certo nuovi lumi scientifici sulla costituzione del Pianeta che abitiamo, nuove cognizioni per l'agricoltura, per le miniere, per le future gallerie. L'esperienza del passato sarà maestra all'avvenire.

*
* * *

Se l'ingegno umano patì qualche sconfitta nella previsione geologica delle rocce, riuscì finora, e riuscirà, non temiamo, pienamente vittorioso nella perforazione delle me-

geologica per quando sarà compiuta la grande galleria; anche per prevenire che ancora una volta la geologia di una regione italiana si compia, o sembri compiuta, da geologi stranieri. Il personale dell'Ufficio geologico si è dimostrato eccellente, in particolare pei lavori stratigrafici di catene complicatissime, come ad esempio, le Alpi Apuane, le Cozie e le Graie; quindi abbiamo pieno affidamento che con una spesa relativamente mite, si possa compiere e pubblicare entro pochi anni la Carta geologica delle Alpi occidentali sino al Verbano.

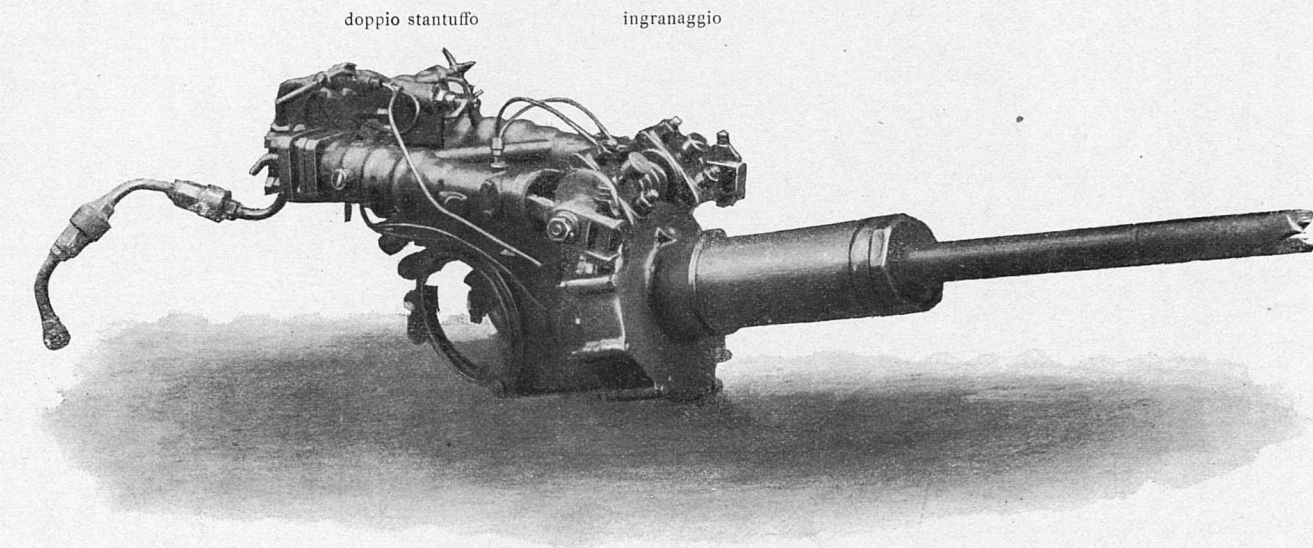
« Poichè vi è un servizio governativo apposito per la carta geologica, il Paese ha diritto di esigere che esso proceda con la maggiore sollecitudine possibile per raggiungere gli scopi, pei quali questa opera venne decretata. Evidentemente tale risultato non si può ottenere riducendo a poco più di un terzo il bilancio di questo Ufficio geologico ».

Attualmente da più di due anni l'illustre ing. AUGUSTO STELLA, dell'Ufficio geologico, attende al rilievo geologico delle Valli Ossolane ed è sperabile che presto sarà realizzato il desiderio di tanti anni, almeno per questa estrema ed interessantissima regione italiana. Intanto lo STELLA ha già pubblicato due memorie in proposito, che qui ricorderò per completare quel che riguarda la Bibliografia geologica del Sempione: Ing. A. STELLA, *Rilevamento geologico dell'Ossola* (Estratto dalla Relaz. Uff. della Direz. del servizio geologico per l'anno 1902), Roma, 1903. — Id. *Sulla geologia della regione ossolana contigua al Sempione*, Roma, marzo 1904.

desime. Qui è dove maggiormente si esplica la lotta fra l'uomo e la natura.

Nella *direzione* dell'asse e nella *previsione* delle roccie abbiamo i generali che preparano i piani della battaglia, nella *perforazione* la battaglia si accende con impeto irresistibile e con indomito coraggio: gli ufficiali e la massa delle truppe scendono in campo, gli ingegneri e la massa operaia si avventano contro il monte. — E, purtroppo, anche in questo come nell'altro campo, morti e feriti, a cui lacrime e fiori ed un pensiero pietoso. — Nella battaglia che fa miserando strazio di due popoli “ *l'un contro l'altro armati* „ tuona il cannone; nella battaglia contro il Sempione romba la dinamite, urla e sibila la *perforatrice*. — Vediamo, Signori, un po' da vicino quest'arma poderosa con la quale il minatore si avvanza gagliardo e sicuro in seno alle roccie più vetrigne.

La perforatrice del Sempione è quella inventata dall'ing. Brandt ed agisce sotto la spinta dell'acqua, compressa a cento e più atmosfere (fig. 15). Si compone di due piccoli ma robusti stantuffi di bronzo, che convertono il loro rapidissimo movimento rettilineo di va e vieni, in quello circolare di una vite perpetua. Questa si ingrana con una ruota dentata assai più grande, nella quale per conseguenza si diminuisce il moto rotatorio, che per mezzo di un asse è direttamente trasmesso al fioretto d'acciaio che trapano la roccia. Il fioretto è cilindrico, vuoto all'interno, e munito di tre punte ben temprate. La sua aderenza contro la roccia è assicurata dalla stessa pressione dell'acqua; a tal uopo il fioretto è avvitato su un cilindro cavo d'ottone, contenuto esattamente a guisa di stantuffo in un altro cilindro esterno; mano mano che il fioretto rotante stritola la roccia coi suoi denti, l'acqua compressa lo spinge sempre avanti in modo da mantenergli una fortissima aderenza. L'aderenza è tanta, che nelle officine, ove le perforatrici si provano contro grossi blocchi roc-



doppio stantuffo

ingranaggio

giunto snodato per l'acqua compressa

fermaglio ad anello

cilindro di pressione

fioretto

FIG. 15. — Perforatrice Brandt isolata,

ciosi di parecchi metri cubi, questi al contatto del fioretto si vedono sollevarsi come leggeri pesi, indietreggiare contro il muro che li trattiene, per applicarvi tenacemente. L'acqua, dopo avere agito negli stantuffi, sfugge dal vuoto interno dei fioretti, ed oltre a mantenerne fresche le punte, serve

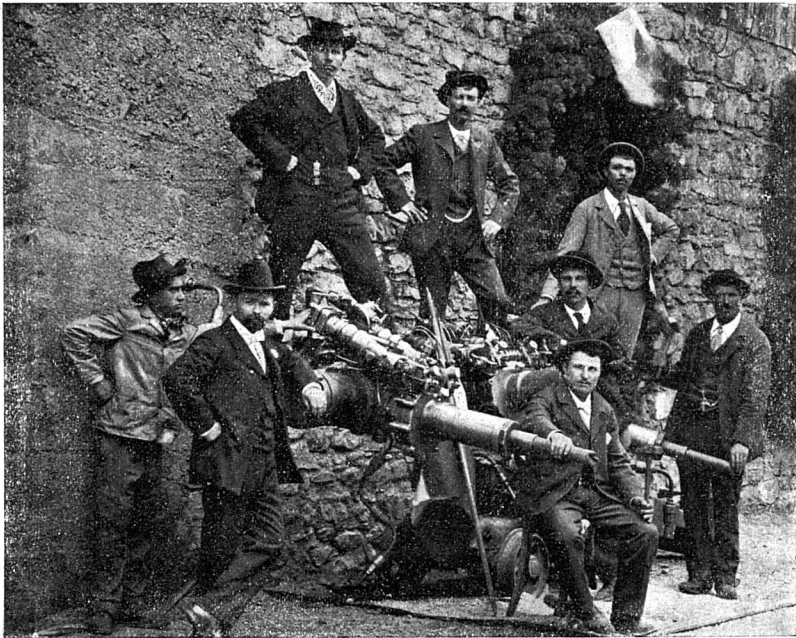


FIG. 16. — Gruppo di meccanici con due perforatrici montate su trave d'acciaio e carrello.

ancora ad asportare dal foro i detriti della perforazione. In galleria la perforatrice trova il suo punto d'appoggio sopra un robusto trave di acciaio, che si incastra fortemente nei due fianchi del cunicolo. Il trave di ferro può così dare appoggio a tre o quattro di siffatte perforatrici, che vi si fissano mediante anelli di bronzo (fig. 16). Esso è munito poste-

riormente di un lungo affusto il cui peso fa equilibrio a quello delle macchine: il tutto è posto su un carrello di ferro che al bisogno rapidamente avanza e indietreggia sul binario del cunicolo.

Ogni perforatrice rimane indipendente dalle altre, e mediante apposite viti si può volgere in qualunque direzione, per far lavorare il fioretto in alto, in basso, a destra e a sinistra con qualunque inclinazione.

Quando tutte le perforatrici di un affusto lavorano nello stesso tempo, ne nasce un così intenso stridore che è vano ogni tentativo di farsi udire. — Mi ricordo di una volta che rimasi seduto per più di mezz'ora sull'affusto portante tre perforatrici in azione, estatico dinanzi a cotanta intensità di lavoro. L'ingegnere che mi accompagnava, accostava ogni tanto la sua bocca al mio orecchio per darmi qualche spiegazione; ma per quanto gridasse, mi sfuggivano tre parole su quattro! — Il linguaggio dei minatori è allora un misto di gesti e di urli monosillabici, ai quali la pratica li ha avvezziati così bene, che si intendono a meraviglia.

Non è a stupire che le perforatrici, costrette a sì diuturno e pressante lavoro, si deteriorino rapidamente; donde la necessità di continue riparazioni e di macchine di ricambio. Ed ecco una apposita officina (fig. 17), ove una compagnia di meccanici limano, torniscono, piallano, battono e ribattono il ferro e l'ottone, e fabbricano viti, ingranaggi, manovelle, dadi, bulloni, valvole e tutto l'occorrente per aggiustare e rimettere a nuovo la meccanica di una perforatrice. — Ma le perforatrici non lavorano se non animate dall'acqua compressa. Ed ecco l'imponente e magnifico salone delle pompe e dei compressori d'acqua a cento atmosfere (fig. 18), ove il rombo grave e solenne dei volanti e delle turbine domina come la nota profonda ed insistente d'una pastorale sul ritmico sbufare degli stantuffi. — È veramente mirabile lo spettacolo

dei compressori nella loro precisione ed eleganza di movimenti! Le massiccie manovelle delle turbine sollevano come piume le pesanti bielle di acciaio terso e brunito come argento; i regolatori del movimento slittano come lampi sulle loro guide di bronzo lindo e pulito: si direbbe che vanno ad

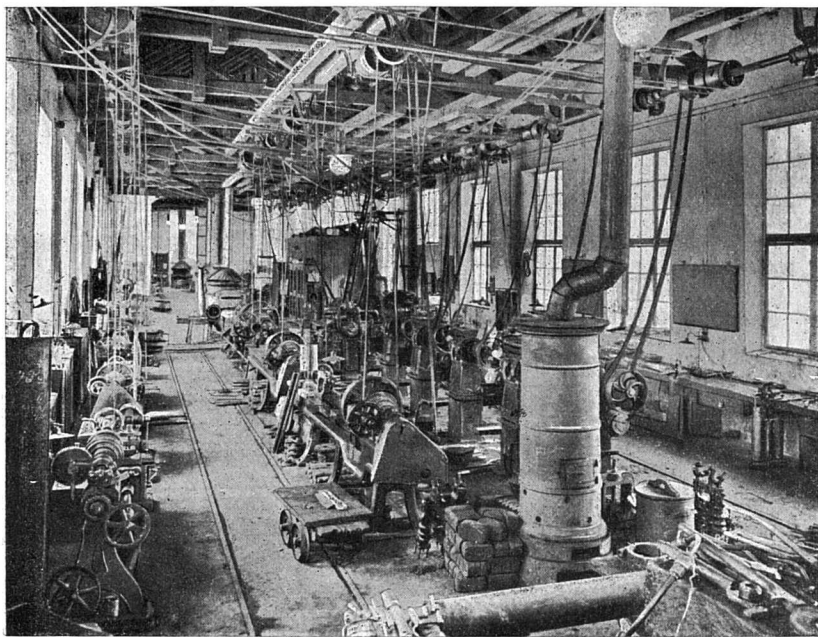


FIG. 17. — Officina dei meccanici a Iselle.

infrangersi sull'opposta parete di acciaio; ma no, si arrestano di botto nella loro corsa sfrenata, e lampeggiando di nuovo tornano indietro con pari velocità, docili ed ubbidienti al richiamo delle manovelle, che compiono l'altro mezzo giro. Ad ogni ritorno l'acqua, previamente filtrata e purissima (1), viene

(1) L'acqua che deve servire alle perforatrici vien filtrata con somma cura, affine di ridurre al minimo il consumo degli stantuffi. Essa è derivata appositamente

aspirata dallo stantuffo, che nell'andata la comprime gagliardamente nei tubi di ferro. Gli aghi dei manometri tremano ed oscillano fra 90, 100 e 110 atmosfere ad ogni colpo di stantuffo, mentre l'immane valvola carica di zavorra metallica e pietrosa, che occupa tutta una parete della sala, si solleva o si abbassa regolando opportunamente la pressione. Un lunghissimo e resistente tubo di ferro corre dall'officina sino all'avanzata della galleria, lungo le pareti del *tunnel* di servizio e porta alle perforatrici l'energia motrice.

La immaginate voi, gentili Signori, l'acqua compressa a **cento atmosfere**? Vuol dire che se facessimo un foro in quel lungo tubo, ove corre all'aperto, l'acqua zampillerebbe, tolta la resistenza dell'aria, ad un'altezza di mille metri! Vuol dire che se applicassimo al tubo una bocca d'incendio, l'acqua arriverebbe ad una Madonnina posta sopra nove duomi di Milano l'uno sull'altro! Un getto d'acqua così compressa è come una solida verga, che bucherebbe la mano imprudente che le si volesse opporre!

Le turbine danno vita ai compressori e i compressori alle perforatrici; e donde la vita alle turbine? Dal *Rodano* in Svizzera (fig. 19), dalla *Diveria* in Italia (fig. 20). L'acqua raccolta dalle dighe, si incanala nelle interminabili condutture di cemento armato, di ghisa e di ferro. La *Diveria* incanalata proprio là, nell'orrida gola del confine, ove una colonna di granito porta scritto il dolce nome d'ITALIA, entra in una enorme tubazione prima di ghisa e poi di ferro laminato, la quale, come smisurato serpente, di cui non si vede nè capo nè coda (fig. 21), si sotterra nella via, corre lungo i precipizii, sorvola gli abissi, valica il torrente, si insinua in proprie gallerie, finchè pre-

mente dal torrente Rovale presso Iselle, e giunta al cantiere entra in un grandioso filtro di sabbia fina e lavata. Ma per quanto filtrata, l'acqua contiene ancora sempre delle numerose particelle silicee, che, smerigliando rapidamente le parti metalliche in movimento, ne deteriorano presto il meccanismo.

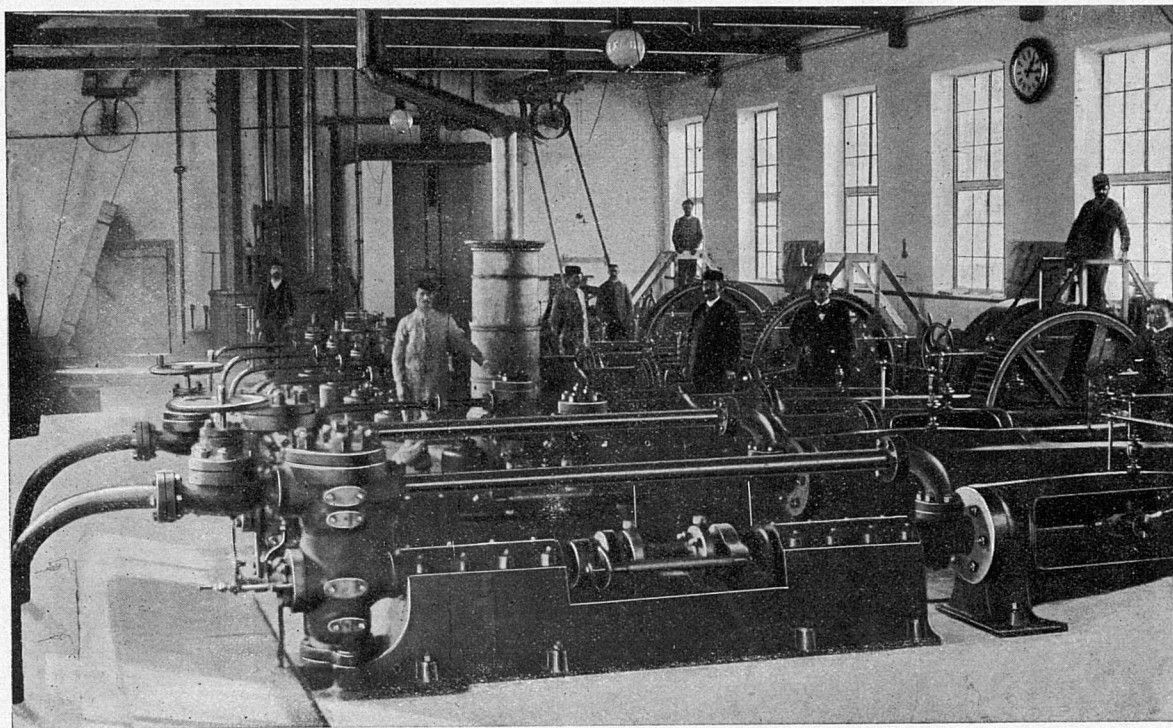


FIG. 18. — Salone dei compressori e delle pompe (Iselle).

cipitandosi dalla china della montagna, giunge al cantiere dopo un percorso di quasi 4000 metri, e un dislivello di 170 metri, recando seco una forza di 2200 cavalli idraulici (1). Questa prima forza motrice anima tutto il cantiere: compressori d'aria e d'acqua, ventilatori, tornii, trapani, magli, se-

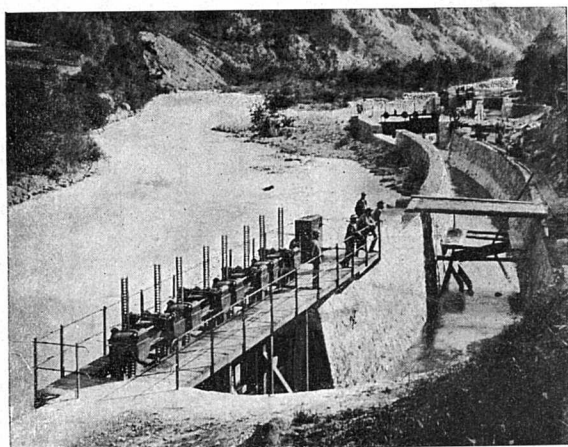


FIG. 19. — Presa d'acqua dal Rodano.

gherie, trituratori per la sabbia, tutti attingono dal grande serpente di ferro l'energia che a ciascuno abbisogna.

*
* *

Il cantiere!... magica parola, sinonimo di vita, di operosità, di progresso, di ricchezza! Esso si distende davanti ai tre imbocchi del traforo (fig. 22), e si prolunga lungo la nuova

(1) La forza effettiva della condotta d'acqua secondo la concessione governativa è di 2200 HP; però la tubazione non ha mai lavorato a pieno carico, ma solamente sotto la caduta di circa 130 metri, con che la forza effettiva disponibile si riduce a 1600 HP.

ferrovia di accesso, sulle due rive della Diveria, unite dal triplice ponte in ferro, che serve pei pedoni, per i treni di servizio e pel serpente di ferro. Il cantiere comprende una svariata moltitudine di edifizi: il grande palazzo dell'impresa, la lunga galleria vetrata delle officine meccaniche, le tettoie

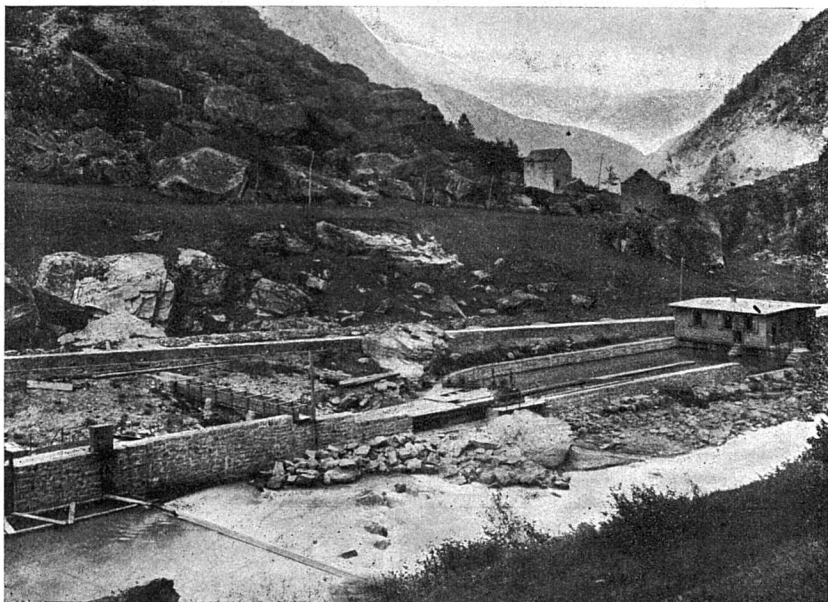


FIG. 20. — Presa d'acqua dalla Diveria al confine italiano.

Di proprietà della Ditta CALZOLARI e FERRARIO — Milano.

dei carpentieri e dei segantini, l'ufficio della Giura-Sempione, la stazione per gli operai, i bagni degli operai e degli ingegneri, l'edificio dei ventilatori, l'ufficio di dogana, la stazione telefonica, l'ufficio sanitario, l'albergo degli ingegneri, il gran camino delle macchine a vapore, pronte al lavoro in casi di mancanza d'acqua, il camino della lavanderia a vapore, e una pleiade di altre costruzioni minori, disseminate per ogni

dove (1). Dominano il cantiere quinci e quindi alle falde dei monti che serrano la vallata, il gran terrapieno della Mediterranea, a sinistra della Diveria, sul quale sorge la stazione di Iselle, e a destra il terrapieno della *discarica*, formato dai

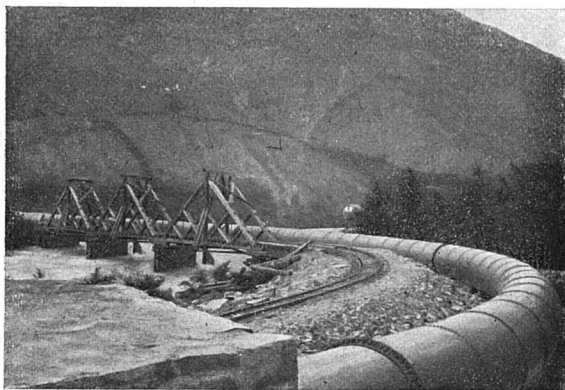


FIG. 21. — Tubazione in ghisa e ferro (Briga).

milioni di metri cubi di detrito che sinora uscirono dalle viscere del Sempione.

Allorchè, nell'alto silenzio della notte tempestata di stelle, che suscitano fugaci e strani bagliori sulle nevi e sui ghiacci

(1) Le caldaie a vapore del cantiere di Iselle sono tre, due da 80 cavalli l'una, la terza da 60 cavalli. Complessivamente adunque non rappresentano che 220 HP (nominali) ossia soltanto un decimo della forza idraulica somministrata dalla Diveria. Per fortuna dell'Impresa poche volte si dovettero mettere in esercizio per mancanza d'acqua; chè in tal caso si deve ridurre di molto la potenzialità dei lavori. Il trasporto di queste macchine da Domodossola a Iselle fu un vero avvenimento per la valle ossolana. Si dovette usare uno speciale carro mastodontico, un carro *monstre* dalle ruote larghissime e del peso di cinque tonnellate. Per ricordarlo, riporterò qui un brano di un mio articolo sui lavori, apparso sul *Bene di Natale* del 1898:

« La prima caldaia (fig. 23) pesava *tredici tonnellate* e per giungere a Iselle impiegò *quattro giorni!* Venticinque buoi aggiogati a paia ed a quadriglie, dopo un'ora di urli, di minacce, di sferzate, di spuntori, dopo avere spezzato più volte le catene di ferro, sono riusciti a smuoverla; in seguito cambiato l'ordine ed eliminati i quadrupedi riottosi che si facevano trascinare invece di tirare, l'hanno

ricoprenti le rupi severe, il viaggiatore oltrepassa la strettissima forra di Iselle (fig. 25), in cui la strada napoleonica e la



FIG. 22. — Veduta generale dei cantieri di Iselle.

Di proprietà della Ditta CALZOLARI e FERRARIO — Milano.

Da sinistra a destra: Piccola galleria di accesso al *tunnel*; strada provinciale; edificio ventilatori (a cui seguono per il lungo: ufficio Giura-Sempione, lunga tettoia delle macchine, palazzo dell'Impresa); ponte in ferro; ufficio sanitario e bagni; terrapieno della discarica.

Diveria si contendono l'angusto passo, l'una in una breve ma severa ed orrida galleria, che sovrasta a picco la tortuosa

condotta lemme lemme fino alla salita di Crevola, seguiti e preceduti da un mare di spettatori, fra le grida e le imprecazioni dei boari: quando tutto andava bene, pareva un trionfo; se andava male era il finimondo! Ma i buoi non furono capaci di andar oltre e superare la rapida salita: dopo un giorno di inutili tentativi si dovettero sostituire i cavalli, che coll'aiuto degli argani giunsero all'officina di Iselle. La seconda caldaia, benchè pesasse ventitrè tonnellate, compreso il carro mastodonte, ebbe un viaggio meno fortunoso e... più rapido; un giorno di

e profonda gola che l'altra scavò nel corso dei secoli, lo spettacolo dell'immenso cantiere, — vivamente illuminato dai fari elettrici disseminati per ogni dove, che proiettano i fasci bianco-azzurrini sul dedalo dei binarii, sul ponte di ferro (fig. 26), sui tetti delle case, sulle acque scorrenti, sui

meno! Trentadue cavalli, in tre file doppie, di cui la mediana assai più lunga, uscirono maestosamente e al piccolo trotto dal recinto della stazione, traversarono con una stupenda curva l'ampio piazzale, per infilare il viale della stazione. Che magnifico treno! Quel macchinone barcollante, benchè stretto al carro da catene di ferro, sembrava felice di andare in montagna; diede una testata in una lampada elettrica, infondendole il ballo di S. Vito, e via allegramente sino al ponte di legno sulla Bogna. Il ponte è stato puntellato, il corteo dei quadrupedi è già alla

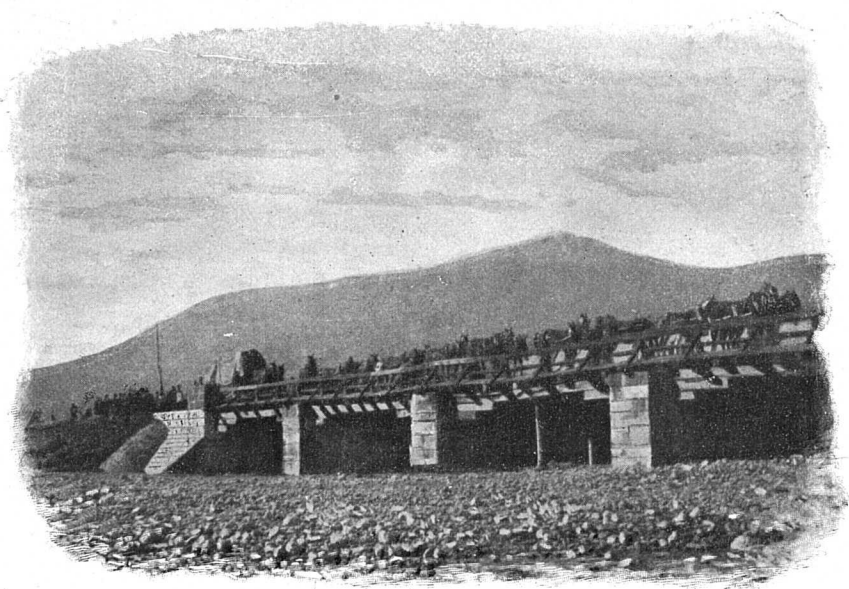


FIG. 23. — La caldaia di 23 tonnellate tirata da 32 cavalli sul ponte del Bogna.

quarta travata, ancora pochi metri e le travi cigoleranno sotto l'immane pondo, la folla si stipa nel letto semiasciutto del torrente per osservare le curve e gli spacchi ed anche la catastrofe.... se dovesse avvenire! Perchè la lunga sfilata si ferma all'improvviso e più non s'incammina? La strada ha ceduto, le ruote benchè larghissime, vi hanno inciso un solco sempre più profondo, e si teme la rovina del

treni manovranti, — lo ferma di botto sulla via, rapito dalla grandiosità della visione. La visione diviene magica e fantasmagorica, se osservata dal ciglio delle altissime rupi che incoronano la sede dei lavori: allora la fantasia corre sfrenata ad immagini lontane e stravaganti; ai crateri delle miniere diamantifere del Transwaal, all'*Inferno* di Dante, ad una scena delle *Mille e una notte*....

muro di sostegno! (fig. 24). Ci vorranno parecchie ore a sollevare la macchina coi *crick*, si staccano i cavalli e si va a pranzo... perchè è mezzogiorno. Il giorno dopo la caldaia è alla galleria di S. Giovanni... e non può passare perchè le rocce



FIG. 24. — La seconda caldaia arenata sulla strada del Sempione.

della volta l'impediscono. Bisogna spuntarla e scavare nel suolo della galleria due solchi di mezzo metro perchè il carro si abbassi e si possa dare il segnale di *via libera*! — La terza macchina, pari alla seconda, arrivò ad Iselle senza incidenti, perchè *experientia docet*, e senza folla di curiosi, perchè a tutto ci si abitua, anche al passaggio delle caldaie a vapore a tiro di trenta ».



Alle due estremità più lontane del cantiere, a Iselle e a Balmalonesca, si addensa la massa dei lavoratori, che ivi

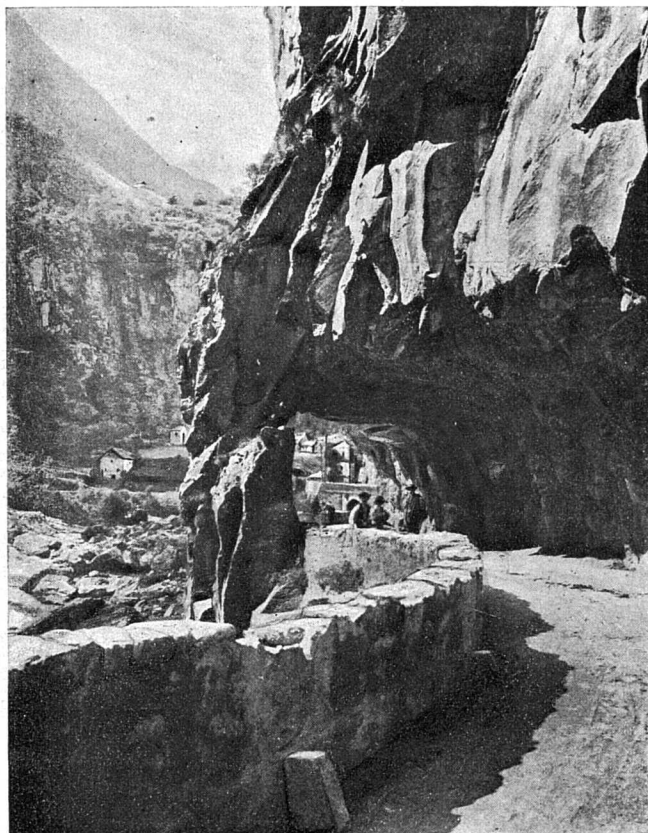


FIG. 25. — Strada provinciale del Sempione nella forra di Iselle.

Di proprietà della Ditta CALZOLARI e FERRARIO — Milano.

trascorre le sue ore di libertà e di riposo, e con essi la vivace schiera delle mogli, la garrula falange dei bambini e quell'altro nomade e variopinto popolo di esercenti che vive onestamente o disonestamente del guadagno degli operai,

fornendo loro i mezzi per campare la vita, e, purtroppo, anche i veleni alcoolici ed altre fonti di abbruttimento, contro cui il buon popolo nostro non sarà mai messo in guardia abbastanza.

Balmalonesca!.... Curioso nome e curioso paese. Sei anni fa non ne esisteva traccia; ora su uno spazio di

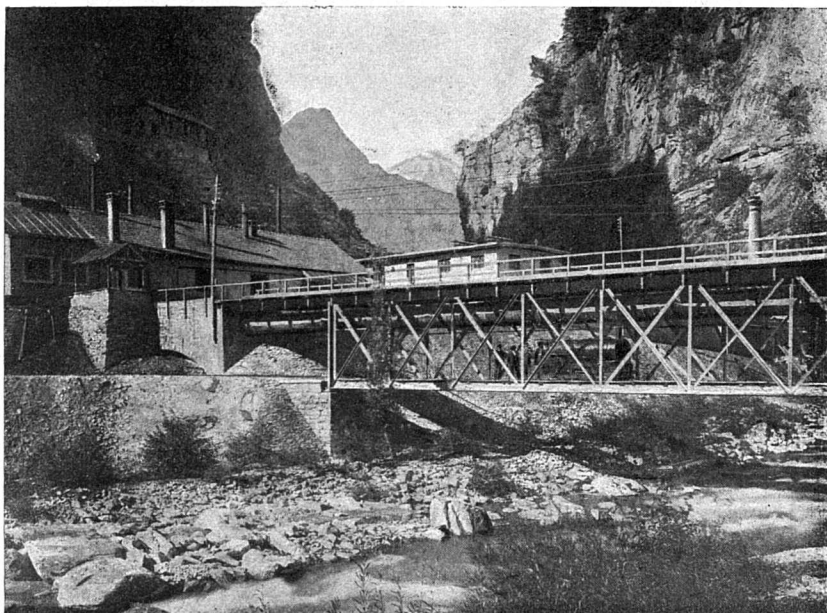


FIG. 26. — Triplice ponte in ferro sulla Diveria (al di qua della stretta d'Iselle).

Di proprietà della Ditta CALZOLARI e FERRARIO — Milano.

mezzo chilometro quadrato si piglia una popolazione di cinque o seimila anime, e fra qualche anno del paese non rimarrà che il nome e la solitaria chiesetta. Là, dove prima non si udiva che il sibilo della tormenta e lo scrosciare della Diveria, alla base di altissime rupi, ove, unico simbolo di vita, sorgeva il massiccio e centenario rifugio napoleonico, costruito a prova di valanga, sorsero nel 1898 (fig. 27),

le prime baracche di legno, leggere e sottili, per raccogliere i primi accorsi al ciclopico lavoro. In breve le case germogliarono come funghi lungo la via, si serrarono le une contro le altre, sostenendosi a vicenda, rinforzandosi con una seconda fila, quasi antimurale, per meglio resistere al-

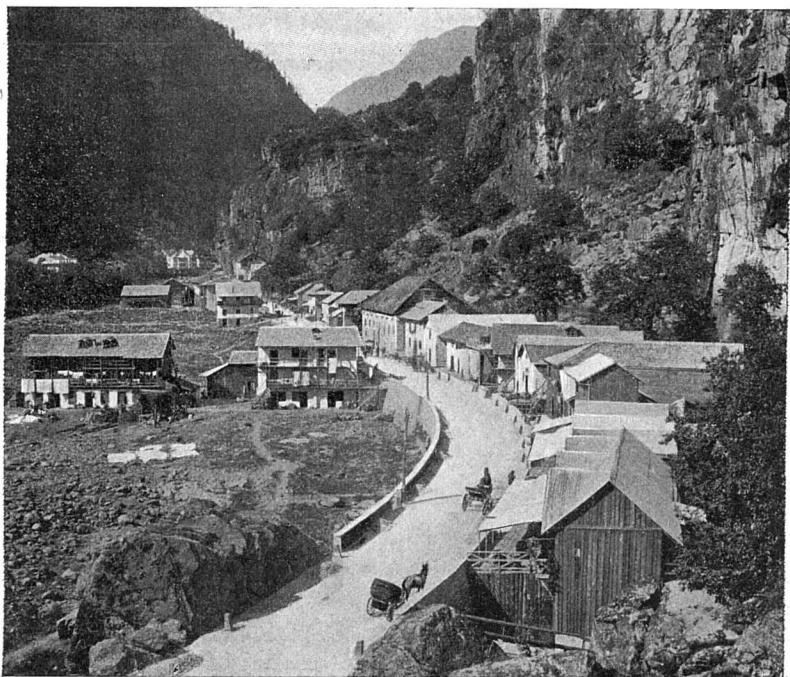


FIG. 27. — Le prime baracche di Balmalonesca nel 1898.

l'aspro clima settentrionale ed all'imperversare della bufera. Nel volgere di due anni il paesello fu più che triplicato (fig. 28). Colà sono rappresentate tutte le provincie d'Italia, con tutti i dialetti, con tutte le sfumature della nostra lingua. Sulla lunghezza di circa un chilometro si osservano tutti i costumi della penisola. Le insegne multicolori li rivelano a prima vista: *Cantina canavese, sartoria lombarda, calzoleria veneta,*

fiaschetteria toscana, osteria napoletana, cantinone delle Puglie con l'inevitabile Trani e Barletta! Frammezzo alle baracche malsicure e alle casette pencolanti, il vecchio rifugio è diventato una vera fortezza, e per le robuste muraglie che lo compongono e per la milizia che ne prese possesso, a sicurezza del luogo.

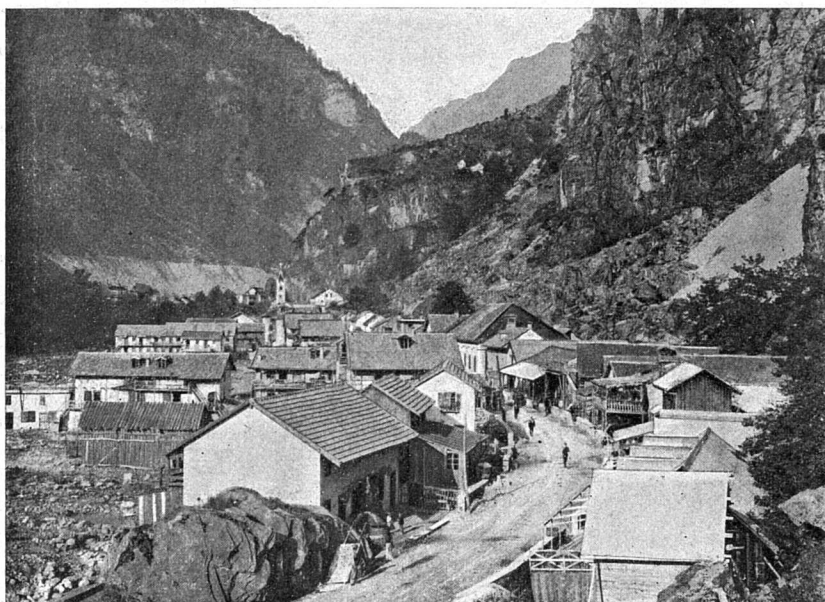


FIG. 28. — Balmalonesca nel 1904.

Di proprietà della Ditta CALZOLARI e FERRARIO — Milano.

Nè qui, come a Bertonio, altro paesello improvvisato presso il cantiere della galleria elicoidale, manca quell'arte che è quasi innata in ogni italiano. È un'arte primitiva, rudimentale, che fa tosto pensare al desiderio che tutti noi sentiamo fortemente di abbellire le cose nostre, ogni nostro lavoro; e si rivela nelle verande, nei ballatoi che allietano il prospetto delle fragili costruzioni; nelle mantovane, negli

ornati a colori caldi e smaglianti, che ne adornano le cornici, gli stipiti, i contorni; sono vere scene campestri e cittadine, schizzate in rosso, in verde, in nero sulle pareti rivestite all'ingrosso di uno strato di calce; sono piante e vasi di fiori, sono cacciatori col fucile in spalla, o briganti dal leggendario cappello alla Gasparone, nè manca la scena di Musolino inseguito dai carabinieri, che inciampa per sua sciagura in *chillu filo*!

Coi bambini non tardarono a venire primo l'asilo infantile e poi per opera di buone e volonterose persone anche le scuole maschili e femminili e da ultimo, anche la linda e graziosa chiesetta di Santa Barbara, che collo svelto e aguzzo campanile, veglia come vigile scolta sull'improvvisato villaggio e domina nella valle, qual simbolo di pace e di fratellanza universale (fig. 29).

Come fa pensare e come è bella l'immagine di Dio alle porte dell'immenso cantiere! — L'uomo dinnanzi a cotanto lavoro, che gli rivela la potenza del suo genio, sta per insuperbire, e Dio gli parla al cuore: *Ego Dominus!* e gli pone davanti agli occhi e la severità delle rupi altissime che contornano il bel frontale della galleria, e il candore delle bianche vette che occhieggiano qua e là, e i nudi dorsi corrosi e striati da' ghiacciai, e l'azzurro suggestivo di un cielo di zaffiro, e i torrenti scroscianti, e gli spacchi profondi, e le forre oscure, e le brune pinete che incoronano, quale grandioso diadema, le creste circostanti; cornice splendidissima, di gran lunga più magnificente del piccolo traforo umano che inquadra.

Di che l'animo vostro in alto galla?

Voi siete quasi entomata in difetto

Sì come verme in cui formazion falla (1).

(1) *Purg.*, C. X, 27-9.

L'uomo nella lotta per l'esistenza, fra il tumultuare delle passioni, tanto più impetuose e brutali quanto più l'ignoranza s'accompagna al soggetto, tenta di soverchiare il proprio simile, di calpestarne i diritti, di farlo anche scomparire dalla scena della vita; e Dio per l'umile chiesetta gli ragiona al cuore e gli ripete col discepolo amato: Figliuoli, vogliatevi bene; figliuoli, amatevi l'un l'altro! e gli richiama alla mente l'altissima meta per cui fu posto quaggiù:

Considerate la vostra semenza:
Fatti non foste a viver come bruti,
Ma per seguir virtute e conoscenza (1).

Tra la vita febbrile del cantiere, e quella non meno concitata del commercio di Balmalonesca, sta al di là della Diveria la piccola e pacifica colonia di Nante (fig. 30), formata dalle case operaie costruite ed affittate dall'impresa, dai palazzetti alla svizzera abitati dagli ingegneri e contornati da aiuole e da giardini, dal severo palazzo della Giura-Sempione, quasi nascosto nel folto dei faggi e delle betulle, e infine dall'Ospedale, ove si svolgono a sollievo dei feriti sul lavoro le sapienti e paterne cure del gentile dott. VOLANTE (2).

* * *

Abbiamo veduto con una corsa molto celere le macchine e i lavoratori; con pari celerità vediamoli ora al lavoro. A tal

(1) *Inf. C. XXVI*, 118-20.

(2) Il dott. G. VOLANTE, addetto sino dall'inizio dei lavori all'Ospedale dell'imbocco italiano, ha anche pubblicato un pregevole opuscolo sulla *Igiene del minatore*, dedicato agli operai del Sempione, nel quale discorre pianamente e con molta perizia di tutto ciò che riguarda l'igiene della casa, del dormire, del vestire, del nutrimento, del lavoro, e dei mezzi atti a prevenire lo sviluppo e la diffusione di quelle terribili infezioni, che mietono tante vittime fra la gente operaia.

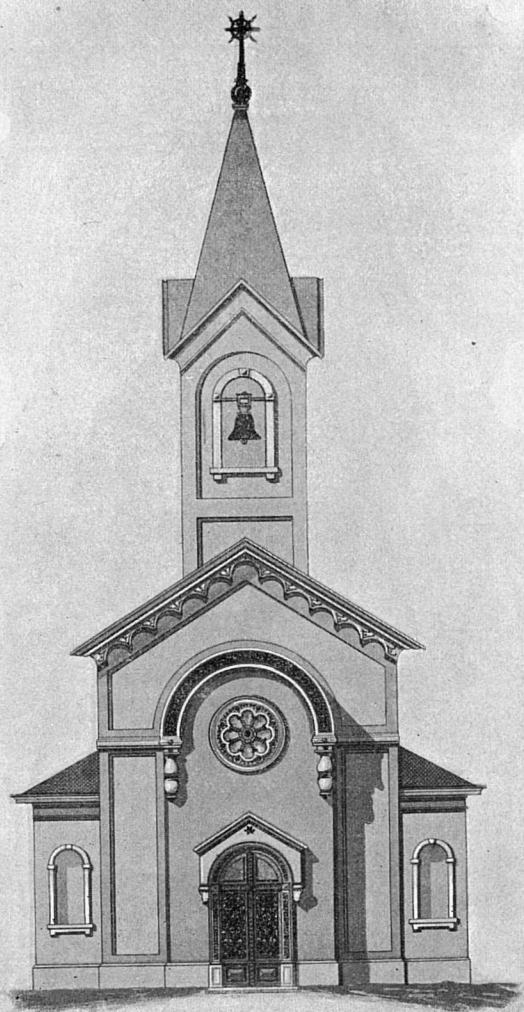


FIG. 29. — Chiesa di Santa Barbara a Balmalonesca.

uopo vi invito, o Signori, a un rapido viaggetto in ispirito sino all'avanzata della galleria, a otto o diecimila metri, secondo che si preferisce Iselle o Briga. Rechiamoci dapprima ai bagni (fig. 31), per indossare l'abito che non distingue l'operaio dal forestiere, l'ingegnere dal minatore. Anche l'operaio si reca



FIG. 30. — Colonia di Nante.

(Ospedale, case operaie e case degli ingegneri; in fondo S. Barbara e Balmalonesca).

Di proprietà della Ditta CALZOLARI e FERRARIO — Milano.

al suo bagno, ove centinaia di cordicelle numerate tengono appesi in alto, nell'aria calda, i vestiti da lavoro, prima inzuppati d'acqua e di sudore, ed ora lavati ed asciutti. — Si deve a questa, come ad altre prescrizioni sanitarie, se finora nessuna epidemia non è ancora riuscita a far capolino in tanta agglomerazione di persone. — Così vestiti e muniti di una lanterna non avremo nessuna difficoltà ad accomodarci

sul fondo di un vagonetto, che ha appena scaricato sul terrapieno il suo detrito roccioso, ed è ancora tutto infangato.

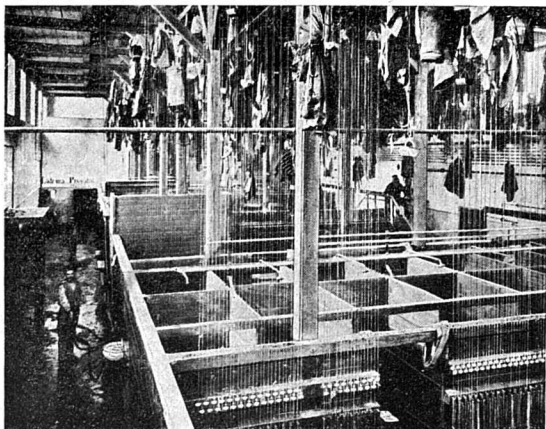


FIG. 31. — Bagni degli operai.

Intanto che s'approssima l'ora della partenza, possiamo dominare dall'alto del terrapieno, tutto il cantiere e scorgere con una sola visuale i tre imbocchi. Ma non c'è molto da aspet-

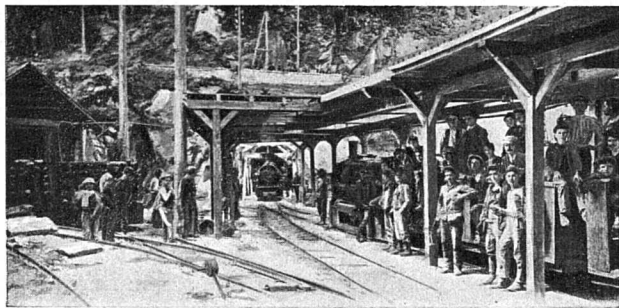


FIG. 32. — Treno pronto pel cambiamento di Sciolta.

tare, il treno è già composto (fig. 32): è una fila di 40, 50 fino a 60 vagoni; in buona parte vuoti, altri carichi di travi, di ferri da mina, di pietre lavorate, di calce, di sabbia, rimorchiati da due basse, ma tarchiate locomotive, l'una in testa l'altra

in coda. Sul grande orologio appeso ad un palo lungo la via, è scoccata l'ora della partenza; un lungo e sonoro fischio delle due macchine..., una scossa violenta che si propaga dai due estremi ai carri di mezzo, che ultimi si decidono a partire, un doppio spintone che ci sbatte qua e là nel nostro carro.... e via, siamo in viaggio. In pochi istanti giungiamo sul ponte di legno (fig. 33), ora coperto a riparo dei venti,



FIG. 33. — Ponte in legno alla galleria di direzione da cui entrano i treni.

che imbocca la galleria di direzione; un altro fischio acutissimo ed eccoci al buio, malgrado i nostri lumicini, in bocca al traforo, avvolti nel caldo vapore della locomotiva, che lambe il basso soffitto della galleria di direzione e ci penetra completamente, inumidendo in un tiepido bagno il viso, le mani e le vesti, ed appannando inesorabilmente l'obbiettivo della macchina fotografica.

Ma la galleria di direzione dura poco; in dieci minuti entriamo nel più vasto ambiente del *tunnel N. 1*, ove l'aria che ci corre incontro produce un senso di grata frescura, mentre

i fanali delle macchine rischiarano alquanto l'interminabile sequela delle pietre squadrate che formano i piedritti e la volta della galleria.

Vi risparmio la descrizione del viaggio, del sussulto continuato pel violento traballare dei carri senza molle e su rotaie primitive, del fracasso assordante che ferisce i timpani e romba nel cranio, perchè abbiamo fretta di giungere all'estrema avanzata. Vi dirò solo che ogni tanto appare una



FIG. 34. — Primo allargamento della galleria.

gran nicchia, con un numero accanto: è l'imbocco chiuso di una traversale; dal numero s deduce la progressiva, essendo le traversali di 200 in 200 metri, meno la prima che è a 300 metri dall'imbocco. Siamo alla decima traversa, dunque a 2100 metri; siamo alla trentesima, cioè a 6100 metri; an-

cora pochi minuti. Ecco un fanale rosso, segno di fermata; dobbiamo discendere? Non ancora: siamo alla *gare* interna, ossia alla stazione di smistamento. La macchina di testa retrocede su altro binario parallelo, con quasi tutti i carri, che scaglionerà con più lenta manovra lungo il cantiere interno; noi proseguiamo con alcuni carri che devono giungere sino all'avanzata, con la locomotiva in coda. Giù le teste, Signori, che passiamo in un labirinto di travi verticali e orizzontali, che ogni tanto accarezzano il cappello; attenti alle mani che non restino offese dai puntelli laterali! Siamo fra le armature del cunicolo, in mezzo ai lavori dell'allargamento (fig. 34). Ma ormai l'ambiente è così stretto, che il torrido pancione

della locomotiva ci sta a disagio; aspettiamo un momentino che si attacchino i cavalli ai nostri carri e faremo ancora mezzo chilometro.

I pazienti quadrupedi, col loro lumicino ad olio attaccato al giogo, sono da lunga pezza abituati a queste oscure manovre; guazzando nell'acqua e nel fango del *cunicolo d'avanzata*, ci trascinano alla svelta, guidati in avanti dal luccicare delle rotaie. Eccoci all'ultima traversa; scendiamo con prudenza: così da non battere del capo sul soffitto, da non rimanere malconci dal duro amplesso dei travi, da non rovinarci un piede sotto le ruote od un ginocchio fra i propulsori dei carri. Usando tutte le astuzie riusciremo a salvare la pelle e a sprofondare graziosamente i piedi in un limaccioso rigagnolo che scorre fra le due rotaie. Ma di qui all'*avanzata* estrema la tratta è breve, e l'intensità delle impressioni che si ricevono d'ogni parte è tale, che non c'è tempo da badare alle condizioni del suolo. Portiamoci avanti sinchè il vano lo permette, ed è con grande emozione che poseremo la mano sulla tiepida roccia che ci sta di fronte, pensando che al di là di questo diaframma dello spessore di omai sole poche centinaia di metri, sta un'altra famiglia di operai italiani, che da cinque anni lavora accanitamente per venirci incontro, ed in questo momento lotta contro l'acqua termale con l'energia suprema.

Ritiriamoci di alcuni passi ed assistiamo a ciò che in linguaggio tecnico si chiama un *attacco*. L'attacco si divide in quattro tempi successivi: la *perforazione*, l'*esplosione*, la *ventilazione*, il *marinaggio*. Per la *perforazione*, gli operai avanzano il carrello portante l'affusto con tre o quattro perforatrici (fig. 35). In pochi minuti il trave d'acciaio è forzato solidamente fra le due pareti. Si attacca al tubo dell'acqua compressa a cento atmosfere, quello dell'affusto comunicante colle macchine mediante un giunto metallico, mobile in qualunque direzione;

gli operai dirigono i quattro fioretti in modo da determinare nella fronte d'attacco quattro fori, inclinati fra di loro, come gli spigoli convergenti al vertice di un tronco di piramide. Si girano i volantini delle valvole d'ogni perforatrice e il fracasso indiavolato incomincia. Ogni fioretto girando con mo-

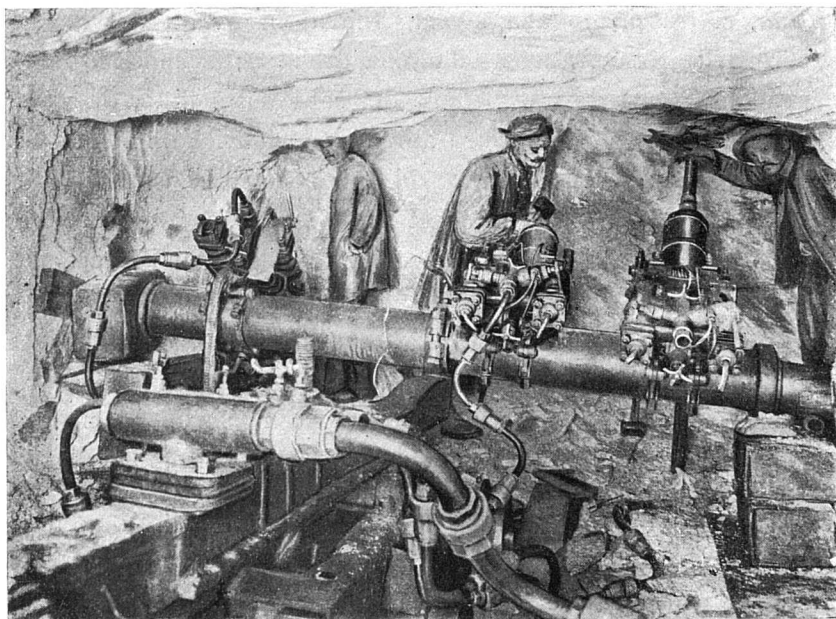


FIG. 35. — Perforatrici su affusto che lavorano all'avanzata.

derata velocità, morde rabbiosamente la roccia, con uno stridore indescrivibile, mentre i colpi rapidissimi e secchi di otto stantuffi, formano l'accompagnamento di questa musica dell'avvenire; nè manca l'accompagnamento vocale colle grida monosillabiche dei minatori. In uno spazio di pochi metri quadrati, stanno sette od otto persone, tra minatori, meccanici, assistenti ed ingegneri. Zampilli d'acqua compressa schizzano qua e là tra le valvole sforzate, a cui talora si aggiunge quella che piove dall'alto e dai fianchi del cunicolo; quattro

ruscelletti escono dai fioretti, coi detriti della perforazione. Dopo pochi minuti il fioretto è spuntato, ma ha guadagnato cinque, dieci, venti centimetri nella roccia; si ritira il cilindro d'ottone, si toglie il fioretto, se ne avvita uno nuovo, si riapre la valvola, il fioretto avanza nel foro cominciato e lo continua

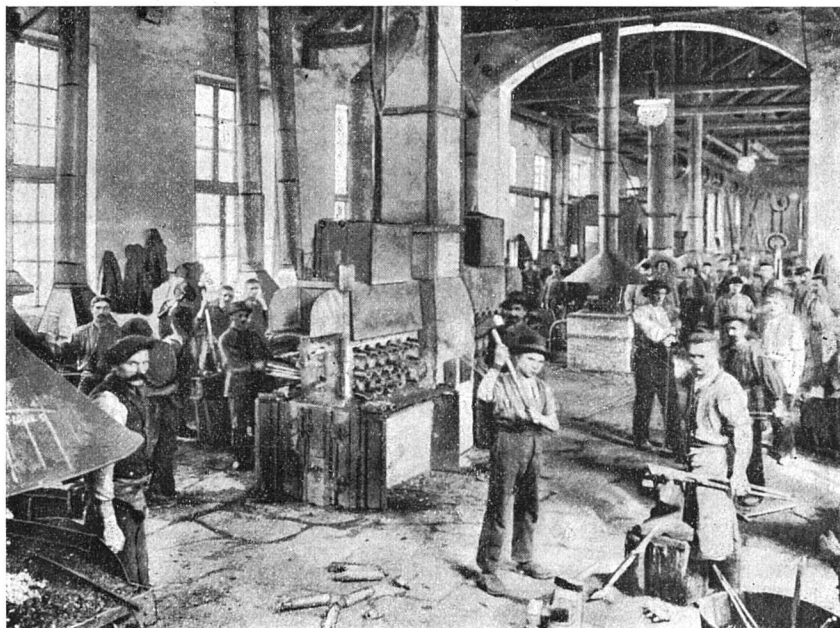


FIG. 36. — Officina dei fabbri
(per ritemperare i fioretti delle perforatrici).

per altri cinque, dieci, venti centimetri. Il cambio del fioretto non richiede un minuto, ma è operazione che si ripete ad ogni istante. Il numero dei fioretti così spuntati varia da 300 a 400 al giorno; una numerosa schiera di fabbri lavora continuamente nel cantiere esterno a rifare e ritemperare le punte dei fioretti, con una perdita giornaliera di circa 90 chilogrammi di acciaio di Germania (fig. 36). In meno di quindici minuti le quattro perforatrici danno quattro fori, del diametro di 10

o 12 centimetri, e profondi circa metri 1,25, consumando da tre a otto fioretti ciascuna, secondo la durezza della roccia. Terminati questi quattro fori centrali, se ne fanno altri *otto* all'ingiro, di pari lunghezza, ma di diametro minore, che richiederanno per conseguenza un tempo più breve. In un'ora e mezza all'incirca i dodici fori dell'attacco sono pronti.

Ai minatori che ritirano i fioretti spuntati e il carrello dell'affusto in luogo sicuro, cioè nella prima trasversale che incontreranno, subentrano tosto i *fuochisti* coi loro cartocci di dinamite. *Cinque* chilogr. di gelatina esplosiva vengono introdotti in ciascuno dei *quattro* fori centrali, con miccie corte; un chilo e mezzo circa in ciascuno degli *otto* fori laterali, con miccie più lunghe. I fori si tappano con terra e polvere di mattone ben compressa, e si dà fuoco alle dodici miccie. In dieci minuti anche questo lavoro è fatto. Dopo pochi istanti, una serie di rombi assordanti, che pare vogliano sfondare i timpani e il petto, si diffonde dall'avanzata sino all'imbocco; un'onda violentissima di gas passa come vento impetuoso sui lumi ad olio, spegnendone buon numero tra i più vicini; mentre un denso fumo si sparge per l'aria, soffocando il respiro e condensandosi sui vestiti in fiocchi bianchi. Ma i potenti ventilatori, installati all'esterno, che soffiano trenta metri cubi d'aria al minuto secondo, non tardano a purificare l'ambiente dai gas velenosi. — Accorrono i minatori e i manovali; mentre i primi esplorano le pareti e la volta, per farne cadere le scheggie e i massi vacillanti e pericolosi, i secondi caricano il detrito sui carri, sgombrano il terreno, e collocano un altro pezzo di binario, per potere riaccostare l'affusto delle perforatrici. In un'ora anche questo lavoro di *marinaggio* è finito.

Sommando adunque i tempi, in tre ore all'incirca l'*attacco* si è compiuto, e ne comincia un altro. Ma questo è il *record* degli attacchi; è quanto avviene allorchè la roccia è *buona*,

e tutto va bene (1). Quando la roccia è cattiva, quando gli strati sono orizzontali e pericolosi, quando bisogna *imboscare* (fig. 37), ossia armare con travi il cunicolo, prima di procedere oltre, allora l'*attacco* si prolunga a quattro, a sei, a dieci ore; cosicchè mentre in condizioni favorevoli si fanno fino a *nove attacchi* nelle ventiquattr' ore, in condizioni sfavorevoli il numero può discendere fino ad *uno*, e anche a *zero*. — Avrete pure compreso, il perchè delle miccie corte e delle



FIG. 37. — Imboscamento in calotta.

(1) Ecco ad esempio il rapporto giornaliero di perforazione di una *buona giornata* (27 Febbraio 1904) in cui si fecero sette attacchi, con un avanzamento totale di metri 7.50.

SOCIETÀ PEL TRAFORO DEL SEMPIONE

Rapporto di Perforazione. - Galleria 1. - Mese di Febbraio 1904.

DATA	Num. d' attacco	DURATA				MINE		Num. dei ferri usati	Dinamite	N dei vagoni trasportati	AVANZAMENTO			Pressione dell'acqua motrice
		Perforaz.	Sgombro	Vent. e acc. diversi	Attacco	Num.	Profondità totale				P. attacco	Giornaliero	Totale all'imbocco	
		o. m.	o. m.	o. m.	o. m.	N.	Metri				M.	M.	M.	Atm.
27	7741	1 ³⁰	1 ⁰⁰	1 ¹⁰	3 ⁴⁰	12	15.60	58	33.5	6 ²	-.80	—	—	100
	42	1 ³⁰	0 ⁵⁰	1 ²⁰	3 ⁴⁰	12	15.60	75	34.-	4 ⁴	1.20	—	—	»
	43	1 ⁰⁰	1 ⁰⁰	1 ¹⁰	3 ¹⁰	12	15.60	63	37.-	5 ²	-.90	—	—	»
	44	1 ³⁰	1 ¹⁰	1 ¹⁰	3 ⁵⁰	12	15.60	58	34.-	4 ³	1.20	—	—	»
	45	1 ²⁰	1 ¹⁰	1 ¹⁰	4 ¹⁰	12	15.60	66	33.5	10 ¹	1.-	—	—	»
	46	1 ³⁰	1 ⁰⁰	1 ¹⁰	3 ¹⁰	12	15.60	76	33.-	6 ³	1.30	—	—	»
	47	1 ¹⁰	0 ⁴⁰	1 ²⁰	3 ¹⁰	12	15.60	72	33.-	4 ²	1.10	7.50	8055.60	»
								468	297.0	39				

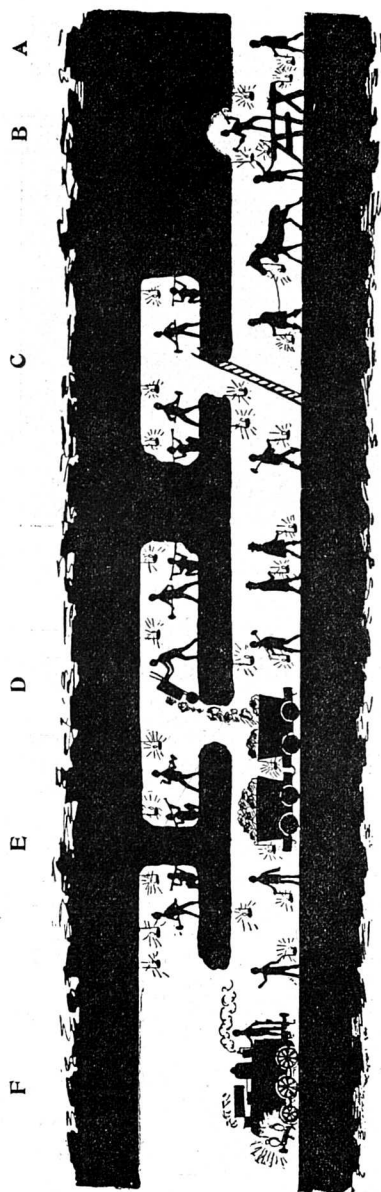


Fig. 38. — Schema per dimostrare l'allargamento della galleria.

A Cunicolo di avanzamento — B Primo attacco di un camino — C D Camini ultimati che si espandono in cunicoli superiori — E Abbattimento del diaframma che separa due cunicoli laterali — F Sezione completa della galleria colla scomparsa del diaframma orizzontale.

miccie lunghe: le quattro mine centrali esplodendo prima delle altre, aprono nella fronte rocciosa una cavità conica, la quale permette alle mine circostanti di esplodere *lateralmente*, e produrre un intenso lavoro, malgrado la minor carica e la minore sezione.

A circa mezzo chilometro dall'avanzata altri minatori lavorano all'ingrandimento del cunicolo, dapprima in direzione laterale, poi in senso verticale. Questo lavoro si compie tutto a mano ed occupa un centinaio di operai (fig. 38). In bilico sopra un masso, o sopra assicelle e travi, le coppie dei lavoratori si succedono alle coppie; in alto, a metà,

sul piano della galleria, e mentre l'uno tiene il ferro, l'altro fa ruotare la pesante mazza di acciaio con tale energia, che vengono i brividi pensando alla possibilità di un colpo sba-

gliato, che invece del ferro colga la testa del chino compagno. I colpi si succedono ritmici, secchi, squillanti, sicuri, e le fumose lanterne raccomandate bizzarramente ai macigni, rischiarano i vigorosi e bronzai contorni di quelli che lavorano seminudi. Per accelerare e facilitare l'ingrandimento in direzione verticale, lavoro assai più pericoloso del primo, si scavano dei camini sulla volta del cunicolo (fig. 39), i quali, ad una certa altezza, si espandono lon-

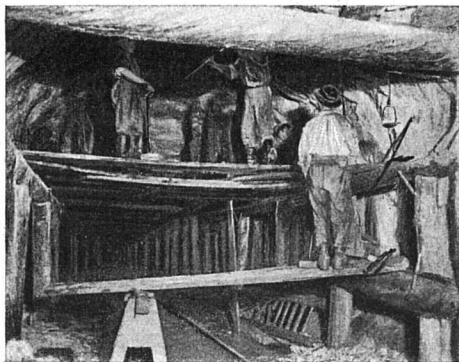


FIG. 39. — Attacco di un camino sul tetto di un cunicolo.



FIG. 40. — Incontro di due cunicoli superiori.

gitudinalmente in altri cunicoli orizzontali, separati dalla galleria di base da un diaframma roccioso dello spessore di un metro: questi cunicoli superiori mano mano che si incontrano, si fondono e si continuano in una sola galleria, che corre parallelamente a quella inferiore (figura 40). La dinamite distrugge finalmente anche il diaframma che divide il cunicolo superiore da quello inferiore, e si ottiene così la sezione completa del traforo. —

Via via che i minatori abbandonano i tratti allargati cedono il campo al faticoso compito dei carpentieri, i quali con pesanti e robustissime travi, fabbricano gli armamenti necessari alla costruzione della

volta (fig. 41), preparando così il lavoro ai muratori, che loro tosto sottentrano; drizzano e prolungano i massicci muraglioni dello spessore di un metro, con pietre già prima squadrate dagli scalpellini, e sopra vi distendono a perdita di vista, l'interminabile volta in pietra egualmente lavorata.

Così lavorano nell'interno della galleria centinaia di operai, divisi in squadre secondo il mestiere, che si rimutano

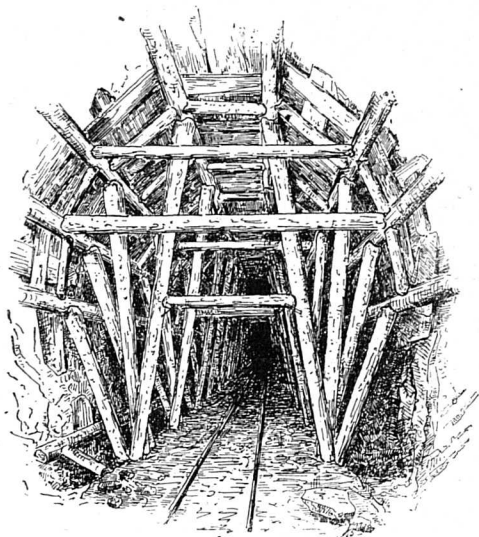


FIG. 41. — Prospettiva dell'armamento della galleria a scavo completo.

tre o quattro volte al giorno, senza che mai non sia interrotto il lavoro, nè giorno nè notte, come mai non posano le macchine che agiscono fuori del *tunnel*. L'eterno girare della turbina, anima incessantemente la pompa, che comprime a cento atmosfere l'acqua, destinata a dar vita alla perforatrice; mentre i ventilatori soffiano turbini di aria purissima, che senza posa scaccia quella viziata dai lumi, dalle esplosioni, dal lavoro umano. Il minatore che termina il lavoro ha già al suo fianco chi lo deve continuare,

e lo stesso ferro continua a mordere la roccia con immenso stridore, quasi non si fosse cangiata la mano che lo guida.

Le locomotive a vapore, a benzina, ad aria compressa (fig. 42), rotanti del continuo sull'intricato labirinto dei binari, distribuiscono e trasportano, dentro e fuori, gli uomini e le materia. Alla testa di una lunga fila di carri (sono d'ordinario da 40 a 50), escono sbuffando dalla galleria, trasportando all'aria pura, al riposo, uomini stanchi e trafelati; al grande terrapieno della *discarica* centinaia di metri cubi di roccia

sbranata, e alle officine migliaia di ferri mozzi e spuntati. Altre macchine entrano fischiando allegramente e vi riportano uomini freschi, ferri novelli, travi, sabbia, cemento, calce e pietre lavorate.

Alcuni dati positivi varranno più di qualunque descri-

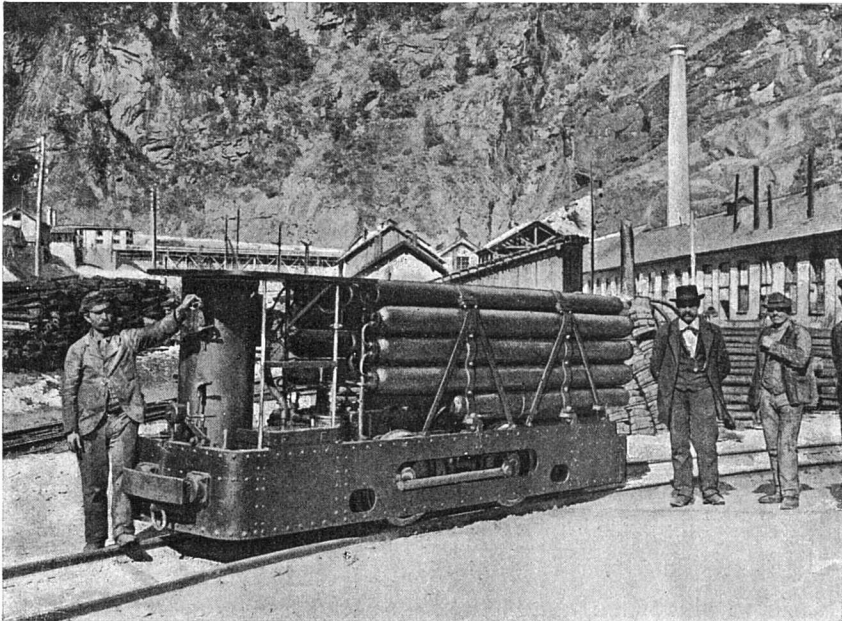


FIG. 42. — Locomotiva ad aria compressa.

Di proprietà della Ditta CALZOLARI e FERRARIO — Milano.

zione a dare un'idea della potenza e intensità dei lavori. Se le perforatrici spuntano giornalmente un numero variabilissimo di fioretti, che sale fino a 400 quando ruotano nel gneiss, i minatori che lavorano a mano ne consumano nello stesso tempo da **otto a diecimila!** Donde la necessità di un altro esercito di fabbri per rifare e ritemprare anche questi. Il consumo di questi ferri permette alle avanzate l'esplosione giornaliera di 60 grosse mine, e di altre 700 mine ordinarie

ove si lavora all'allargamento. Per queste seconde si consumano quotidianamente 150 chilogrammi di dinamite; ma per le prime, meno numerose ma assai più potenti, ce ne vogliono 350: in totale 500 chilogrammi di dinamite al giorno. La roccia sbranata da questa mezza tonnellata di esplosivo, a lavoro normale, dà 1600 metri cubi di macerie nelle ventiquattr'ore, computando il lavoro delle avanzate, dell'allargamento e delle trasversali. Il totale delle mine date dall'inizio dei lavori nella sola galleria italiana supera il numero di un milione e mezzo. La dinamite consumata sinora raggiunge i 900,000 chilogrammi. — La muratura interna dello spessore normale di un metro è fatta superficialmente di pietre lavorate, dietro le quali, sino al pieno contatto colla roccia, si adoperano pietre ordinarie: per ogni metro lineare di galleria occorrono ai muri laterali (*piedritti*) tre metri cubi di pietre lavorate (dette *scapoli*), e altri tre metri cubi per la volta (*bolognini*). Quando tutto il *N. 1* sarà così rivestito, si avranno, in numero rotondo, 120,000 metri cubi di pietre lavorate, le quali formerebbero, messe con ordine, un bel zoccolo per posarvi sopra e innalzare di 12 metri il Duomo di Milano. — Come potrebbe la Diveria somministrare tanta sabbia per unire insieme alla calce tante pietre greggie e lavorate? Ed ecco altre macchine fuori del *tunnel*, che lavorano a produrla: sono ciclopiche mascelle che masticano e stritolano i macigni esportati dalla galleria, sino a ridurli in eccellente sabbia da costruzione.

E tutto questo immenso lavoro si compie colla massima celerità possibile, senza perdere un minuto di tempo, con severa disciplina, con ordine perfetto, con mirabile armonia, senza confusione, senza incertezze, sotto la guida degli abili ingegneri, che con pazienti misure e meravigliosi calcoli ne prestabilirono il grandioso disegno in tutti i più minuti particolari.

* * *

In questo modo, metro per metro, palmo a palmo, la tenacia e l'ardire dell'ingegno umano vanno conquistando l'asse del traforo. La media del progresso giornaliero è di cinque metri per ogni imbocco; furono bensì raggiunti dei massimi di *otto metri* al giorno, ma in cambio entrambe le avanzate rimasero lunghi mesi inoperose. Quattro mesi rimase ferma l'avanzata italiana in causa dell'acqua; poi ci volle altrettanto tempo per progredire di 40 metri nel terreno spingente. Attualmente da più di quattro mesi ristagna l'acqua all'avanzata svizzera alla progressiva di 10,140 metri: in totale più di un anno perduto in causa di formidabili ostacoli! Oggi (20 Marzo 1904) il traforo ha raggiunto la progressiva di 8160 metri all'imbocco italiano, dunque un totale di 18,300 metri; non rimangono pertanto che 1400 metri all'incontro delle due squadre.

Quando si incontreranno? Calcolando su una media di cinque metri al giorno, da ottenersi unicamente all'avanzata di Iselle, occorrerebbero all'incontro *280 giorni*, pari a *nove mesi*; aggiungendo altri tre mesi per i lavori di allargamento, di rivestitura e di armamento della linea, fra un anno preciso la vaporiera potrebbe trionfalmente attraversare le Alpi nella più lunga galleria del mondo. Supponendo poi che a Briga si riesca a vincere l'acqua termale, e avanzando più adagio si possa fare almeno un terzo del restante lavoro, la data dell'incontro verrebbe anticipata di tre mesi, e pel prossimo Natale o per Capo d'anno la grande linea sarebbe aperta al commercio internazionale (1).

(1) In quattro mesi lo stato delle cose si è evidentemente cambiato di molto. Vedi in proposito l'Appendice alla Conferenza.

Ma..., ecco il punto interrogativo, ecco il dubbio, ecco la sfinge, che da cinque anni tiene gli animi sospesi,ma, purchè non si avverino altri gravissimi ostacoli, purchè il monte non riaccenda i suoi forni, non si liquefaccia nelle sue rocce spingenti, non riapra le sue cateratte!

*
* * *

Prima causa di ritardo: L'alta temperatura. — È noto che discendendo nelle viscere della terra si incontra dapprima, ad una profondità variante da *uno a trenta* metri, uno strato ove la temperatura, uguale alla media annua del paese, si mantiene costante tutto l'anno; dopo questo strato quanto più si discende nelle profondità terrestri, tanto più la temperatura cresce; la media è di un grado per ogni 50 metri di discesa.

Ma la scienza non possiede ancora un numero sufficiente di osservazioni sulla temperatura sotterranea delle regioni montuose, per poter determinare esattamente il grado di calore che dovrà incontrare una galleria nei suoi diversi punti. Infatti la temperatura interna non è una funzione dipendente solo dalla profondità o dalla più breve distanza dalla superficie, ma piuttosto dalla forma generale del rilievo montuoso, associata alle condizioni di conducibilità delle rocce che compongono la montagna (1). Inoltre le condizioni di temperatura del suolo superficiale per le varie altezze sul livello del mare sono ancora assai poco conosciute. Ed è

(1) Infatti alla galleria del Borgallo (lunga otto chilometri, sulla linea Parma-Spezia) a metri 3500 dall'imbocco Nord si aveva una temperatura di 30 centigradi, con un'altezza di montagna di circa 600 metri, in argille scagliose; invece nella galleria di Tenda (Cuneo-Ventimiglia) a 3500 metri dall'imbocco Sud, si incontrò una temperatura di soli 17 centigradi, con un'altezza di m. 800 di montagna, in anidrite.

precisamente da queste temperature superficiali che si deve partire, per stabilire le probabili temperature profonde. Si aggiunga ancora che la propagazione del calore delle rocce schistose varia secondo le diverse direzioni della schistosità, e finalmente che le acque di infiltrazione possono alterare a grande profondità ogni regola di propagazione (1).

Tenendo presenti queste incertezze scientifiche, riferendosi ad osservazioni fatte al Cenisio e ancor più al Gottardo, le cui rocce sono molto simili a quelle del Sempione, e calcolando sul profilo del Sempione, le diverse profondità che avrebbe raggiunto il traforo, i geologi conclusero per l'incontro di una massima temperatura di 44 centigradi, sotto il punto culminante del profilo. Fino ad oggi, nella galleria italiana la temperatura della roccia non raggiunse mai questa cifra, anzi, in grazia dell'acqua circolante, si mantenne a lungo relativamente fresca, e solo in questi ultimi mesi arrivò a 38 gradi (2), ma nella galleria svizzera, e precisamente sotto il punto culminante, la temperatura salì a 52 centigradi!

L'avere superato felicemente questo punto, rappresenta certamente una grande vittoria dell'ingegno umano. Quando si pensi che il timore delle alte temperature è il principale ostacolo che si oppone ai progetti di lunghe gallerie; quando si ricordino gli studii e le proposte ideate da principio per combattere i 44 gradi, che si sperava rappresentassero una cifra esagerata, e si procurò con grande attenzione di tenere il tracciato del traforo a mezza distanza fra la vetta del M. Leone e le alte cime circostanti per tema di incontrare una temperatura di 50 gradi, non credo di andare molto

(1) Vedi l'*Etude géologique sur le nouveau projet de tunnel courbé traversant le massif du Simplon* di E. RENEVIER, relatore dello studio fatto al Sempione nell'Agosto 1882 dai Professori HEIM, LORY, TARAMELLI e RENEVIER. (Nel Bull. de la Soc. vaudoise de sc. nat., vol. XIX, n. 89).

(2) Attualmente a 45 gradi (m. 9140)!

lungi dal vero asserendo che, qualora si fosse avuta la certezza dei 52 centigradi, il Traforo del Sempione o non si sarebbe fatto, o si sarebbe tenuto assai più alto, perdendo così tutte le prerogative di una linea di pianura attraverso la barriera delle Alpi.

L'alta temperatura si vince con la ventilazione, calcolata in modo che l'ambiente si mantenga fresco, relativamente al calore della roccia circostante.

E noto che l'uomo lavora effettivamente a siffatte temperature elevate: nelle caldaie a vapore dei transatlantici la temperatura arriva a 45 gradi, e sale fino a 50 nella traversata del Mar Rosso: nelle miniere di Clomstock (Stato di Nevada) la roccia raggiunge 55 centigradi. In tali condizioni l'uomo non dà che la metà od un quarto del lavoro che potrebbe produrre. Il sudore cola così abbondante, che scorre in piccoli rivi sulla pelle dell'operaio seminudo: il calore si accumula nel sangue e nei tessuti, e lo scemarsi dell'energia non tarderebbe a raggiungere lo *zero*, se mancasse il rimedio di una abbondante ventilazione. La ventilazione ha per effetto di produrre la rapida evaporazione del sudore, e così si sottrae al corpo, quel calore che tende ad accumularsi per la respirazione (1).

L'impresa Brandau potè vincere anche questa difficoltà della temperatura con una circolazione a tempo opportuno di 50 metri cubi d'aria al secondo, prima rinfrescata attraverso un velo d'acqua cadente, poi ulteriormente raffreddata associandola a 80 litri d'acqua finamente polverizzata. Con questo mezzo, se non si potè sempre abbassare la

(1) Il FIGUIER riferisce che i mietitori della Pensilvania, che lavorano talvolta sotto un sole cocente ad una temperatura di 50 centigradi, possono reggere molte ore a quest'improbo lavoro, a patto di bere copiosamente una miscela di acqua e rhum, la quale sviluppa e mantiene un continuo ed abbondante sudore; se cessa la bibita, cessa il sudore e il mietitore cade estenuato (*Conosci te stesso*, Cap. V).

temperatura dell'avanzata ai 25 gradi del contratto, si potè abbassarla di tanto da creare almeno un ambiente respirabile (1).

* * *

Seconda causa di ritardo: L'alta pressione. — La roccia che sovrincombe al profilo del traforo, ha per buona parte di esso uno spessore di circa 2000 metri. Lo spessore medio della montagna sopra l'asse del tunnel è di metri 1140; ma questo è superiore alla media per una lunghezza di metri 11261, ed è inferiore alla media per metri 8450. Il più grande spessore si verifica sopra il punto di confine tra la Svizzera e l'Italia a 9100 metri dall'imbocco nord, dove il giogo alpino raggiunge l'altezza di metri 2135 sopra l'asse del tunnel e quella di 2840 sul livello del mare. Dando a queste rocce un peso specifico medio di 2,5, si ottiene sulla volta e sulle pareti della galleria una pressione variante da 500 a 525 atmosfere per metro quadrato.

Ove la roccia è rigida e cristallina e poco consente al graduale propagarsi della pressione, questa si manifesta con degli spacchi improvvisi, con degli scoppii repentini che staccano grossi massi dall'interno della galleria, proiettandone le scheggie all'ingiro, senza nessun preavviso e quindi con grave pericolo degli operai. Anche a rivestimento murario completato la pressione si manifesta con abbassamenti della volta, e con spostamento dei piedritti. Il 19 Nov. 1901,

(1) In previsione dell'alta temperatura (40 e più gradi) che l'avanzata di Iselle andrà raggiungendo mano mano che si avvicina all'incontro con Briga, l'Impresa sta ora trasformando in camerone la traversa 23, per installarvi una delle macchine a vapore da 80 cavalli e fare agire una pompa, la quale spingerà sino all'avanzata e sotto forte pressione l'acqua freschissima di una delle sorgenti scaturite nel terreno calcareo, che ha una temperatura di 11 centigradi. Quest'acqua verrà così polverizzata negli ambienti più caldi e potrà abbassarne di molto la temperatura.

a metri 3360 dall'imbocco italiano un violentissimo colpo di pressione nel gneiss d'Antigorio riuscì a spingere avanti, di botto e per una tratta di 20 centimetri, tutto il muro a sinistra per una lunghezza di 40 metri! — Ove la roccia è molle e cedevole la pressione è meno pericolosa, ma assai più *disastrosa*. Mano mano che si scava, le pareti daccapo si riavvicinano, la vòlta si abbassa, il pavimento si solleva, tutto il cunicolo finirebbe per rinserrarsi, se un colossale imboscamento non riesce a fissarne la posizione. Allora si vedono travi così grosse, che a stento si possono abbracciare, piegarsi sempre più giorno per giorno, sinchè si spezzano come fragili bacchette di legno (1).

Forse in nessun'altra galleria si osservarono pressioni così formidabili come in quella del Sempione. È veramente enorme la quantità di legname che ivi si consuma per puntellare i cunicoli, e spesso non bastano travi di quaranta centimetri di diametro, per assicurare il lavoro, poichè in pochi giorni si curvano e si spezzano. Alla progressiva di 4420 metri dall'imbocco italiano, una tratta di 40 metri di scisto calcareo-micaceo, stranamente decomposto e sdruciolevole, fu assolutamente refrattaria ad ogni sorta di imboscamento (2).

(1) In una recente escursione (7 Giugno 1904) all'avanzata di Iselle cogli studenti di terza liceale, e con la preziosa guida degli ing. Rolla e Chiapuzzi, potei mostrare ai miei allievi dei bellissimi esempi di siffatta enorme pressione interna. Alla progressiva di 8400 metri il suolo della galleria era così disugualmente rigonfiato, che nella galleria N. 2, il pavimento già terminato, si presentava tutto crepacciato e disuguale, ed il canale di scolo fatto all'inizio in sezione rettangolare era divenuto di sezione trapezoide per l'avvicinamento delle due sponde e in qualche luogo anche obliquo pel sollevamento di fianco. Altrove tutto il pavimento rigonfiato in massa, ostacolando il decorso delle acque, creava lunghe e profonde pozzanghere, e rendeva assai difficile il passaggio e la manovra dei carri: dappertutto poi puntelli e travi fortemente ricurvi o spezzati. Tutto ciò, secondo l'informazione dell'ing. Chiapuzzi avvenne nel breve tempo di circa quindici giorni.

(2) Sull'origine di questo curioso pasticcio di rocce diverse, che per la sua immane pressione diede tanti fastidi all'Impresa, vi sono due opinioni principali:

Le armature triple e quadruple dei travi sovrapposti, non reggevano più di 24 ore all'immane pressione. Si ricorse allora ai quadri di ferro. Un quadro di ferro (fig. 43) è formato da putrelloni di 50 centimetri di altezza, rinforzati da diagonali agli angoli e da grosse travi di quercia bollonate

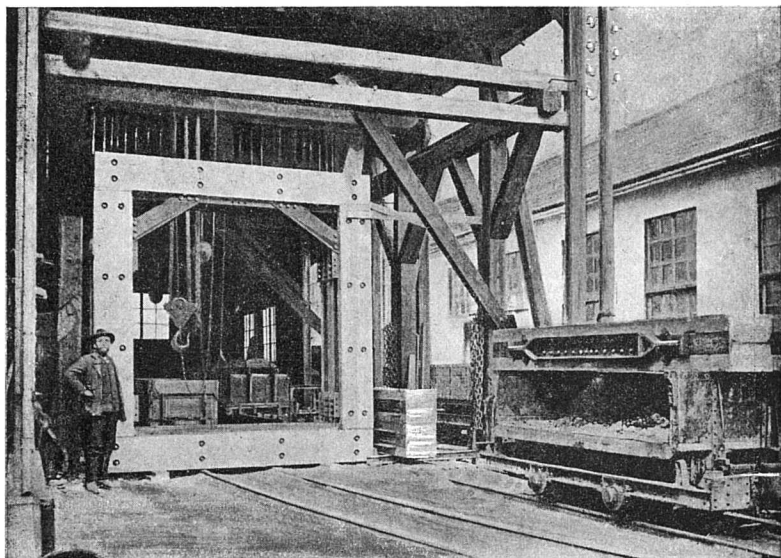


FIG. 43. — Un *quadro di ferro* per sostenere la roccia spingente.

sui fianchi. Il quadro ha internamente la sezione normale del cunicolo. Più di cento, in ciascuna delle due gallerie, ne furono drizzati gli uni dopo gli altri, ora accostati ed ora più o meno distanti, rinforzati tutto all'ingiro da uno strato

secondo alcuni si tratterebbe di una spaccatura di monte riempita da materiale caotico franato dall'esterno; secondo altri (e a parer mio con più ragione), si tratta di una *decomposizione in posto* di una roccia primitiva, costituita da calcare cristallino micaceo con noduli e filoni quarzosi, avvenuta per effetto di acque filtranti associate ad anidride carbonica. Vedasi in proposito: G. SPEZIA, *Sulla anidrite micaceo-dolomitica e sulle rocce decomposte della frana del Traforo del Sempione* (in « Atti R. Acc. di Scienze di Torino », vol. XXXVIII, adun. del 14 Giugno 1903).

di calcestruzzo di 60 centimetri, per potere avanzare in quei 40 metri di terreno spingentissimo (fig. 44). Nel *tunnel N. 2* l'armatura in ferro durerà provvisoriamente sino a che ne sarà deciso l'ingrandimento; nel *tunnel N. 1* il rivestimento definitivo di questa tratta fu poscia fatto con muri da for-

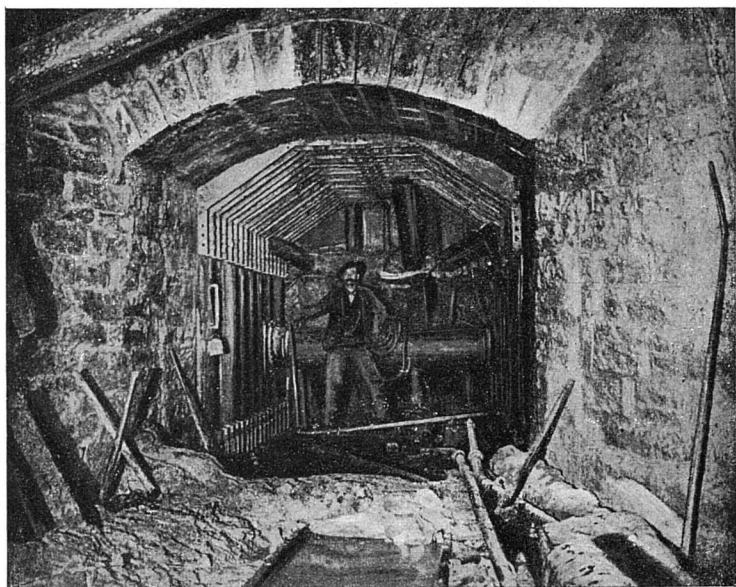


FIG. 44. — Tratto di galleria rivestita con *quadri di ferro*.

tezza, dello spessore di due metri, con archi rovesci sotto il pavimento e colate di calcestruzzo dello spessore di due metri e mezzo! Si ottenne così come un enorme tubo di cemento e di muratura immerso nella roccia decomposta e appoggiato ai due estremi sulla roccia più solida.

Ma quale lavoro increscioso ed opprimente! Le seguenti figure (da 45 a 53) ricavate da disegni originali, fornitimi gentilmente dall'ing. BRANDAU, sono eloquentissime al riguardo, rappresentandone le principali fasi successive. L'operaio, ri-

stretto fra il quadro di ferro e la parete spingente, deve scavare col piccone il materiale franoso (fig. 45), ed ottenuto un vano discreto, puntellarlo saldamente con robusti ceppi di larice o di quercia, affinchè la pressione non lo ricolmi da capo, e così pezzo per pezzo fino alla metà dei due fianchi.

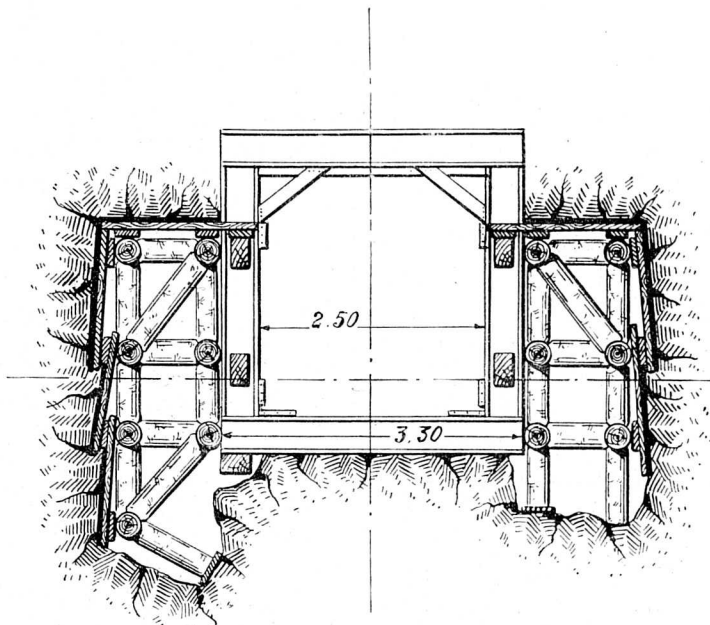


FIG. 45. — Tratta spingente.

Prima fase dello scavo laterale intorno al quadro in ferro.

Lo scavo si sprofonda in seguito in direzione verticale, sotto il piano del cunicolo, fino alla profondità di due metri, seguendo lo stesso metodo di puntellamento. Si toglie allora con somma cura la roccia che sostiene la soglia del quadro di ferro, sostituendola con altri tronchi verticali, che formano con quelli laterali ed altri orizzontali, una fortissima intelaiatura a maglia (fig. 46). Lo scavo occupa la lunghezza di quattro o cinque quadri per volta, tutti sostenuti allo stesso modo, e per intanto il treno passa al di sopra di questo cantiere

doppiamente sotterraneo! Se si pensa che i quadri distano pochissimo l'uno dall'altro e talvolta sono contigui, si può immaginare quale intricato labirinto di puntelli è destinato al sostegno inferiore e laterale dei medesimi. Ma tale sistema ingegnosissimo non può durare a lungo, sotto gli sforzi della

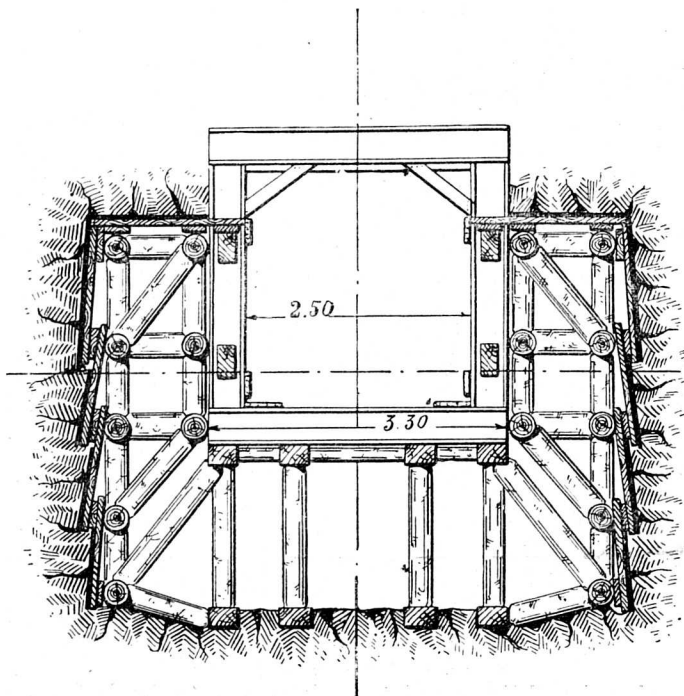


FIG. 46. — Tratta spingente.
Scavo e puntellatura sotto il quadro in ferro.

roccia che spinge rabbiosamente da tutte le parti, e maggiormente verso quelle che vengono via via vuotate; bisogna adunque procedere alla muratura definitiva di questa piccola tratta prima di andare avanti. La muratura è fatta con calcestruzzo e pietre lavorate e mano mano che si arresta in un luogo per continuare in posto vicino, si cambiano i puntelli con altri più brevi (fig. 47). Rinforzata stabilmente la base

del quadro, si allarga lo scavo laterale sino a due metri e mezzo per parte (fig. 48), e si spinge lo scavo fino al cappello del quadro, sostenendo la spinta rocciosa con altra intricata armatura di travi. Si possono allora innalzare i due piedritti sulla piattaforma fondamentale di calcestruzzo e

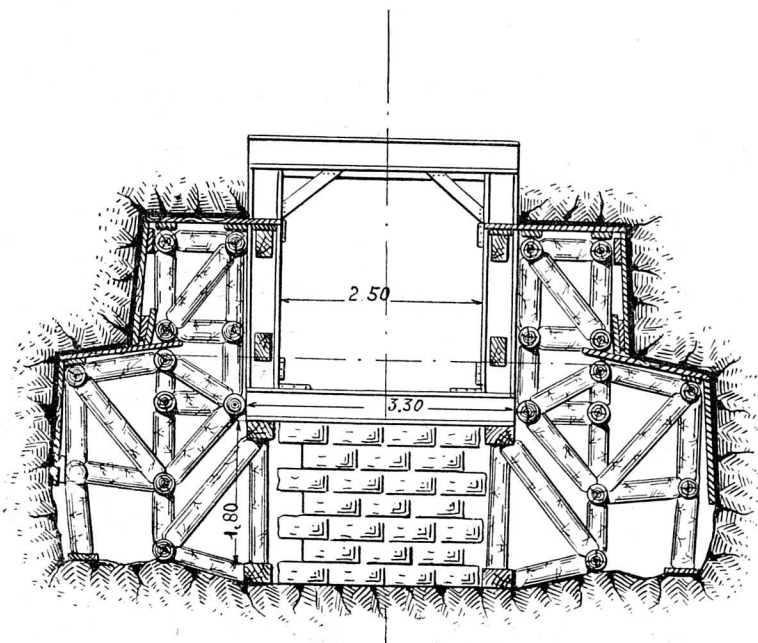


FIG. 47. — Tratta spingente.

Inizio della muratura di fondo e allargamento dello scavo laterale.

muratura, e perchè rimangano ben fermi e atti a sostenere la pressione, si puntellano a vicenda con l'intermezzo di ceppi di quercia provvisorii che poggiano sui fianchi di ferro (fig. 49).

Ma tali sostegni provvisorii, che si pongono mano a mano che si innalzano i piedritti, non possono durare per tutto il tempo che richiederà la costruzione della volta, quindi anche questo spazio compreso fra i piedritti e il quadro di ferro è

riempito con muratura provvisoria (fig. 50). Su queste solide basi si iniziano allora i lavori superiori. Si apre dapprima un piccolo cunicolo al di sopra del quadro, il quale via via si allarga (sempre puntellato in tutti i sensi) sino al limite esterno della muratura provvisoria, sino a scoprire

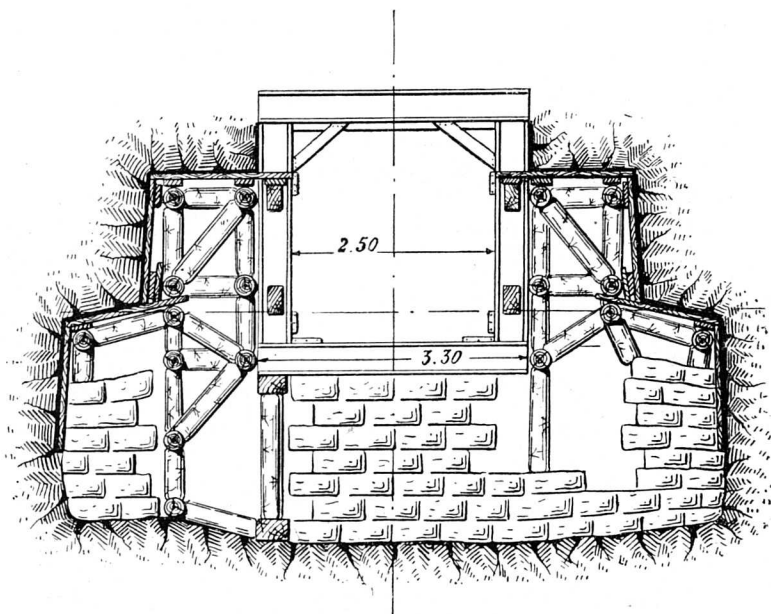


FIG. 48. — Tratta spingente. — Seguito della muratura di fondo.

tutto il cappello del quadro (fig. 51). Degli archi di ferro vengono allora appoggiati sui due muri interni, e sopra questi si costruisce un primo vólto, dello spessore di un metro, mentre un sistema radiale di puntelli sostiene la roccia (fig. 52). Terminato il primo arco si allarga circolarmente lo scavo fino al limite esterno dei piedritti, appoggiando la roccia sull'arco provvisorio, che a sua volta è rinforzato con appoggi sul quadro. Si ha così un cantiere semicircolare superiore, che circonda come un mezzo manicotto il cantiere sottostante. I due cantieri comunicano fra

loro per mezzo di soluzioni di continuità del vólto provvisorio. Su questo si appoggia finalmente la calotta definitiva, costruita con tre o quattro corsi di grosse pietre lavorate, formanti lo spessore di un metro e mezzo (fig. 53).

Terminato tutto questo lavoro per una serie di quattro

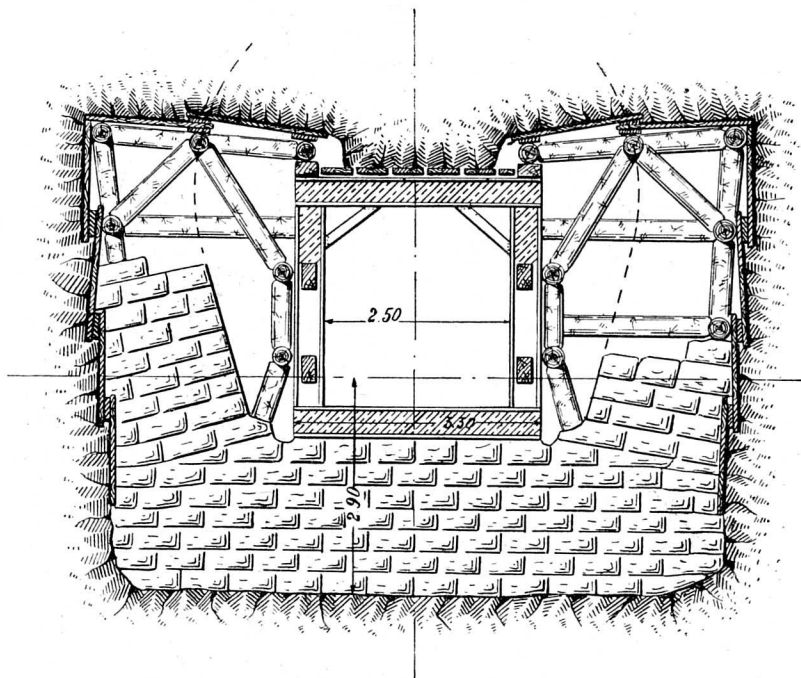


FIG. 49. — Tratta spingente.

Costruzione dei piedritti e allargamento dello scavo laterale in alto.

o cinque quadri, si incomincia daccapo per una seconda serie, e così via via sino al termine dei famosi quaranta metri! — Chi non vide cosifatto lavorare in tanta penuria di spazio, difficilmente può immaginarlo. Il pericolo di franamenti, la difficoltà dei movimenti e del trasporto dei materiali, l'aria scarsa e viziata, il tanfo delle argille e dei lucignoli, l'acqua filtrante e scorrente dappertutto, che le pompe assorbono con rantoli fragorosi e sibilanti, tutto ciò e cento

altri accidenti debbonsi tener presenti per misurare adeguatamente la forza dell'ingegno e della fibra umana in tale angustiante lavoro!

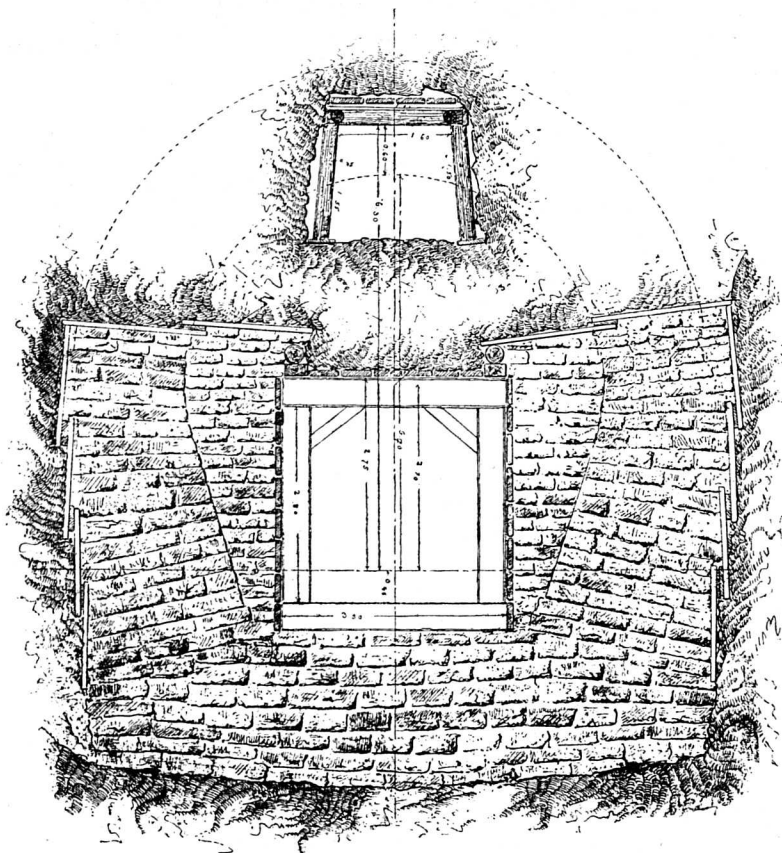


Fig. 50. — Tratta spingente. — Muratura provvisoria tra i piedritti e il quadro in ferro e primo inizio dello scavo in calotta.

Terminato il lavoro di scavo e di muratura su tutta la tratta spingente, si procedette alla smontatura dei quadri in ferro, che nelle loro contorsioni e piegature di varia forma ed intensità (fig. 54), ben dimostrarono l'immenso sforzo che dovettero sostenere contro la pressione della

roccia. Questi putrelloni così stranamente deformati dall'immane pondo della montagna saranno certamente con-

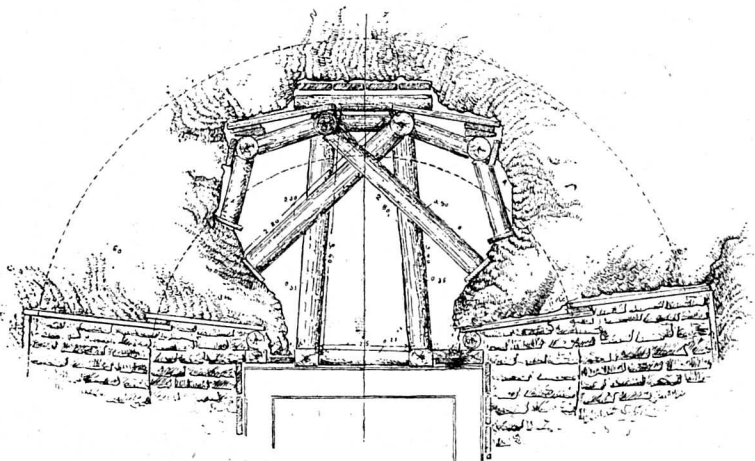


FIG. 51. — Tratta spingente. — Segue lo scavo in calotta per ottenere lo spazio occorrente al volto provvisorio.

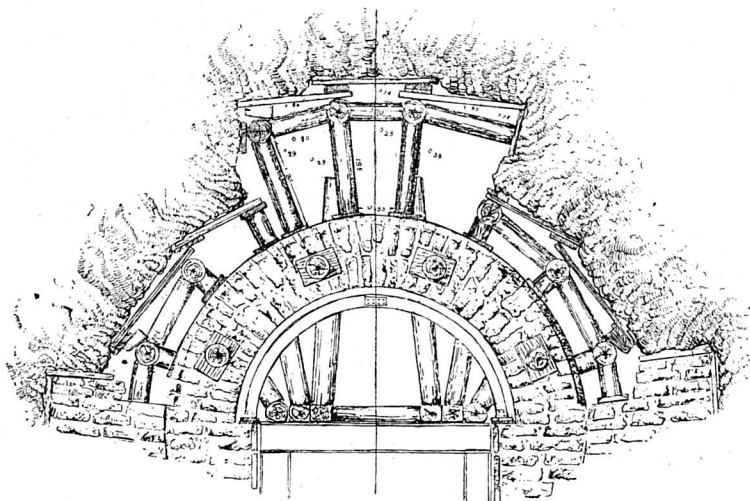


FIG. 52. — Tratta spingente. — Costruzione dell'arco provvisorio e scavo superiore per l'arco definitivo.

servati tra i più belli ed eloquenti campioni del genere nelle scuole di ingegneria e nelle raccolte riguardanti il traforo

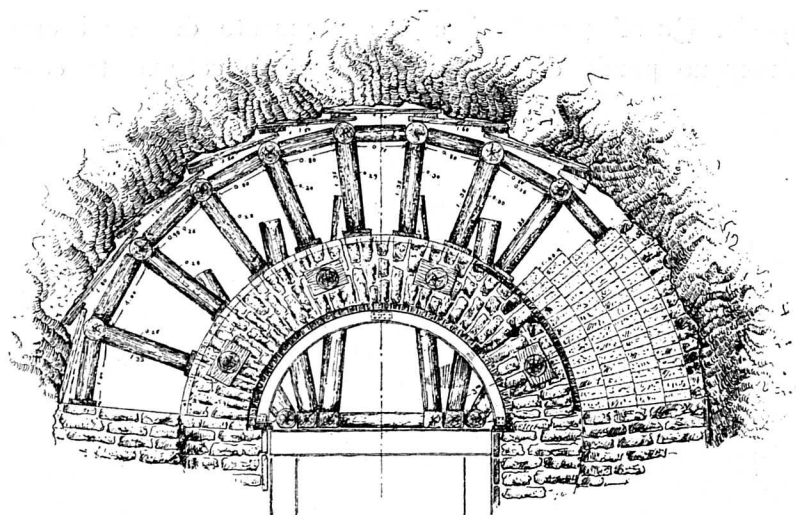


FIG. 53. — Tratta spingente. — Puntellamento dello scavo superiore e costruzione del vólto definitivo.

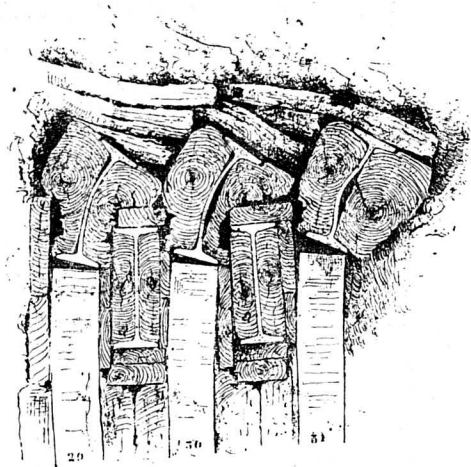


FIG. 54. — Pieghe e contorsioni nei putrelloni dei quadri in ferro (N. 29, 30, 31).

del Sempione (1). Smontati i quadri, si abatterono con la dinamite i piedritti e la volta provvisoria e così rimase il

(1) Essi figureranno nella prossima esposizione di Milano, con tutto il rimanente che si riferisce al grandioso lavoro.

vano della galleria, con quel profilo alquanto diverso dal normale (fig. 55), che parve il migliore per sopportare la spinta rocciosa (1). Fra poco la vaporiera passerà come un

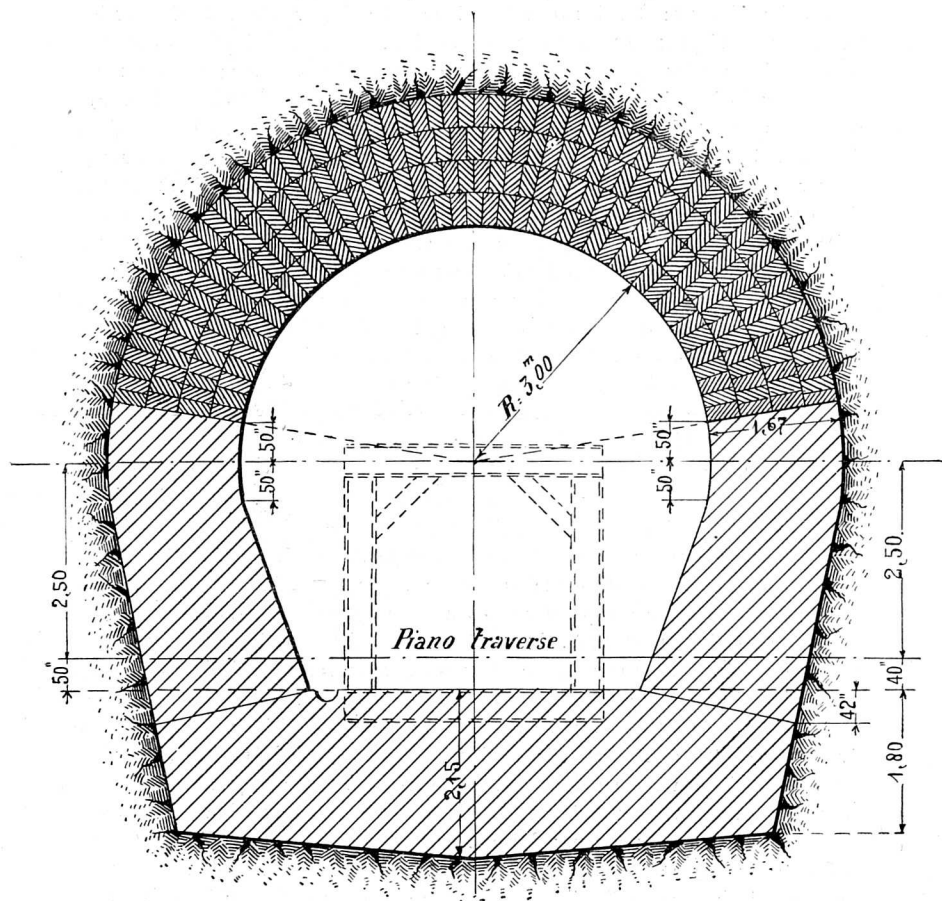


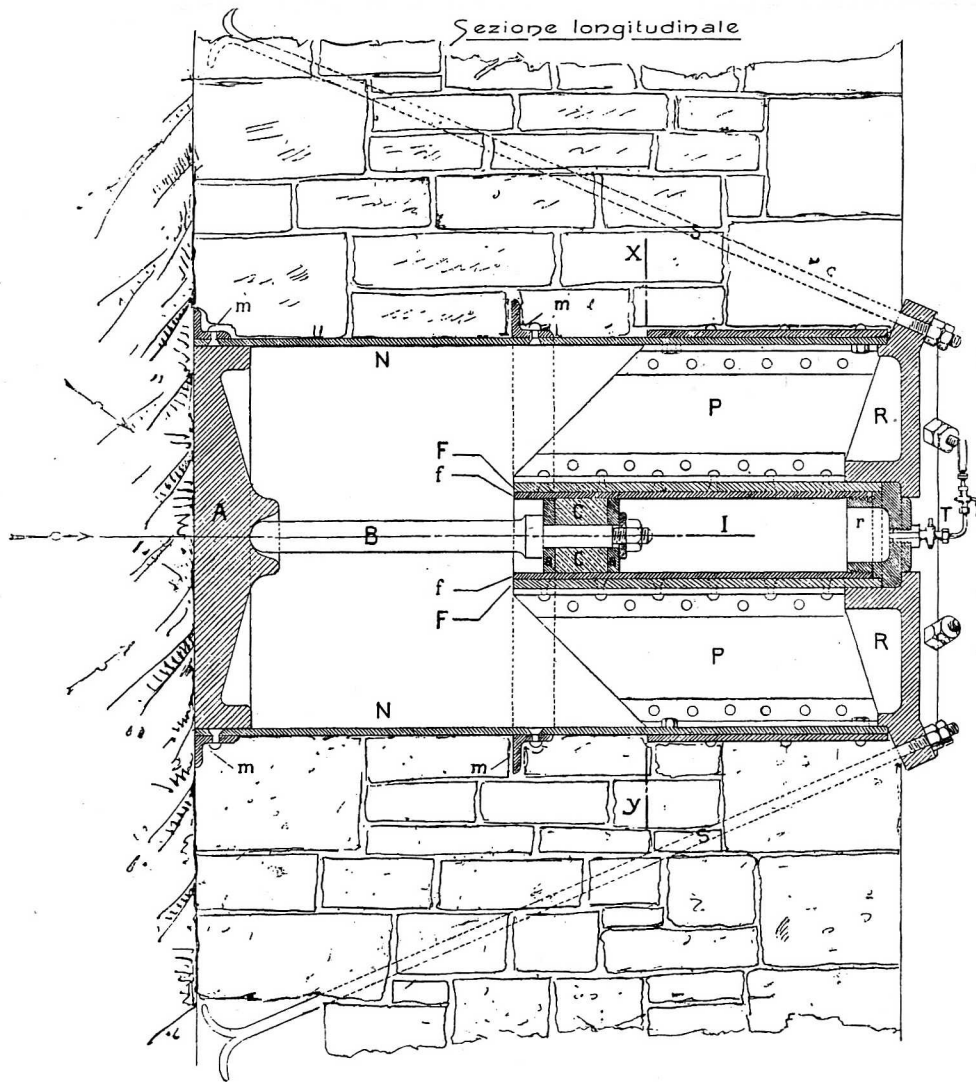
FIG. 55. — Profilo della galleria del Sempione nella tratta spingente.

(1) Quando si allargherà il *tunnel 2*, che ora rimane armato coi quadri in ferro, bisognerà ivi compiere lo stesso lavoro, e forse allora la galleria principale subirà qualche spostamento verso il *2*, per la maggior pressione unilaterale, che si farà sentire malgrado qualunque sistema di puntellamento. Certo sarebbe stato assai miglior consiglio, per la stabilità della galleria, eseguire contemporaneamente il rivestimento definitivo delle due tratte spingenti parallele.

Sarebbe molto interessante per l'ingegneria in specie e per la scienza in genere conoscere con qualche esattezza il valore di questa pressione, ed è da augurarsi viva-

lampo in questo tubo di quaranta metri e il viaggiatore non se n'accorgerà nemmeno, e forse non saprà neppure che

mente che l'Impresa Brandau o la Direzione delle Ferrovie federali vi si accingano, quando si procederà al rivestimento del N. 2. In vero il calcolo del peso della roccia sovraincombente non sembra essere il più adatto a tale misura: noi non sappiamo infatti fin dove tale roccia si estende, dal momento che sul profilo esterno appare assai diversa, e in questo caso il valore trovato sarebbe maggiore del reale. Considerando all'opposto che la trasmissione di tale pressione può, per la scorrevolezza del terreno provenire dondechessia, anche da regioni più elevate, si otterrebbe un valore minore del reale. Si potrebbe dedurre questo valore anche dalle tavole di resistenza delle putrelle e delle lamiere, ma le irregolarità che tanto spesso si incontrano nel ferro, potrebbero condurre a grossolani errori. Non rimane adunque che la misura diretta mediante un congegno originale e solidissimo, agente sopra un manometro graduato sino a mille atmosfere, ed ecco come si potrebbe procedere (fig. 56). — Nello spessore del piedritto (*XY*), che suppongo di due metri, si lascia una finestra circolare del diametro di un metro, rivestita internamente da una lamiera di ferro (*NN*), saldamente trattenuta nel muro da cerchi bollonati (*m m*). Un robusto disco di acciaio (*A*), chiude esternamente il vano della finestra, poggiando direttamente sulla roccia. Ad esso fa seguito una sbarra di acciaio (*B*), che termina con uno stantuffo metallico (*CC*), duramente scorrevole in un corpo di tromba pieno d'acqua (*ff*), che chiamerò camera idraulica (*I*). Questa camera è trattenuta solidamente contro le pareti della finestra da una seconda camera (*FF*) che la riveste interamente, inchiodata a quattro costole (*PP*), destinate a sopportare buona parte della pressione. Finalmente un disco esterno di chiusura (*RR*), forato al centro, e fermato al piedritto con bulloni (*SS*) che penetrano profondamente nella muratura, trattiene il fondo (*r*) della camera idraulica, recante al centro il tubetto di rame (*T*), che la collega al manometro. È facile intendere come funzionerà siffatta disposizione. Murati definitivamente e saldamente nel piedritto il cilindro di ferro (*NN*) che riveste l'interno della finestra e le spranghe di ferro (*SS*) destinate a trattenere il disco esterno di chiusura, si puntella provvisoriamente la fronte scoperta della roccia. Venuto il tempo opportuno per l'esperienza, si tolgono i puntelli, si rende piana la fronte rocciosa e si sgombra la finestra d'ogni materia. Indi con una prima manovra si fa entrare il disco di pressione e poscia la camera idraulica colle costole. Si fermano le costole coi bulloni, e si applica esternamente il disco di chiusura. La pressione incomincia subito ad agire, ma essendo lenta, c'è il tempo di compiere tutti i lavori necessari; lo stantuffo spinto dal disco che sta in contatto colla roccia scorrevole, comprime l'acqua e questa agisce sul manometro, che impiegherà parecchi giorni ed anche parecchie settimane prima di raggiungere un massimo stazionario, che indicherà il valore reale della pressione. Tutta la bontà dell'apparecchio sta nella camera idraulica, che deve essere perfettamente stagna. Ma questa difficoltà non è nè nuova, nè insuperabile per l'ingegneria moderna. Parmi che all'uopo sarebbe indicato uno stantuffo bimetallico, formato da due dischi di acciaio (*a a*), racchiudenti uno spesso disco di piombo (*CC*); tutta



$\frac{1}{2}$ - Prospetto

$\frac{1}{2}$ - Sezione trasversale X-Y

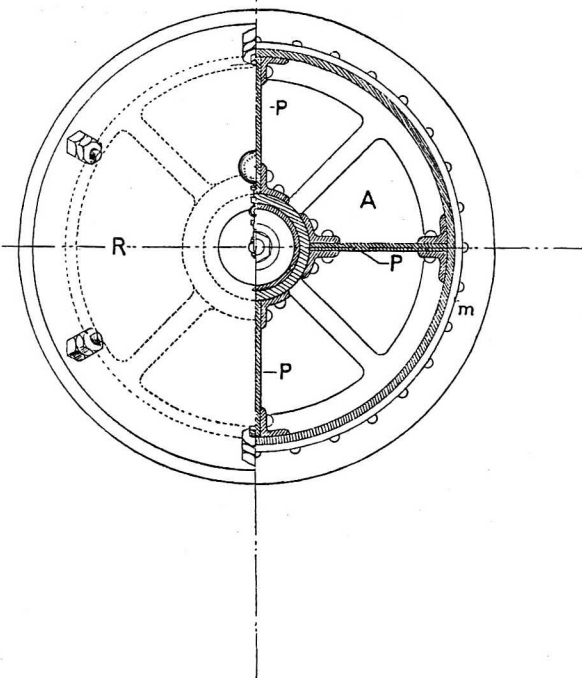


FIG. 56. — Dinamometro idraulico per calcolare la pressione della tratta spingente nel Traforo del Sempione (scala di $\frac{1}{20}$).

esso costò all'Impresa la bellezza di circa *venticinque mila lire* per metro lineare! Un milione per quaranta metri di galleria! (1).

*
* *

Terza causa di ritardo: L'acqua. — Ed eccomi finalmente al terzo ed ultimo gravissimo ostacolo, l'irruzione di grandi polle d'acqua, o ad altissima pressione o ad elevata temperatura. Anche queste furono un'ingratissima sorpresa.

la pressione della roccia e la contropinta dell'acqua compressa agirebbero sul disco di piombo, laminandolo sempre più in ragione diretta della pressione, e costringendolo ad adattarsi *perfettamente* al calibro della camera.

Quanto al disco di compressione (A) basta che chiuda grossolanamente il vano della finestra; il poco terriccio che può penetrare nella fessura intermedia non ostacola la sua marcia indietro, che sarà sempre breve, stante la poca compressibilità dei liquidi, e tenuta in registro dal rivestimento della finestra. — Posto che non si riesca ad ottenere una camera idraulica perfettamente stagna, si potrebbe sostituirla con una larga lente cava di acciaio, composta di due calotte sferiche, bollonate a caldo, e poi riempita d'acqua da apposito rubinetto, e far agire direttamente su una faccia della lente uno stantuffo massiccio annesso al disco di compressione, mentre l'altra faccia è trattenuta dal disco di chiusura. Il manometro si adatta come nella camera idraulica.

Un siffatto apparecchio lasciato in permanenza nella galleria, si comporterebbe anche come eccellente indicatore sismometrico in occasione di terremoti, movimenti del terreno ed eventuali spostamenti della galleria, purchè si abbia cura di sostituire l'ordinario manometro, con un altro a registrazione continua.

(1) Al lettore che s'interessa delle questioni riguardanti il traforo del Sempione segnalo un bellissimo lavoro, apparso recentemente in una rivista germanica, ed è: *Der Bau des Simplontunnels* v. PAUL MÖLLER, nella *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*. Ottobre 1904.

Nella galleria di Gattico, sulla linea in costruzione Arona-Borgomanero, si lavora attualmente in analoghe circostanze. Ma colà più che dalla pressione effettiva, la difficoltà proviene dall'estrema scorrevolezza della roccia, una melma sabbiosa e argillosa che fluisce come l'acqua. Lo scavo d'una galleria in tali circostanze equivale propriamente a fare un buco nell'acqua. Gli ingegneri risolvono questo problema costruendo sul dorso della collina dei pezzi di galleria di sei a dodici metri, rivestiti da lamieroni di ferro. I pezzi costruiti si fanno sprofondare poco alla volta nella montagna col sistema dei cassoni ad aria compressa (precisamente come si usa per le pile dei ponti), finchè abbiano raggiunta la dovuta profondità. I segmenti allineati e riuniti fra loro formeranno così la galleria completa.

Nel progetto del traforo le sorgenti erano infatti calcolate con una scarsissima probabilità, data la compattezza e la cristallinità accentuata della maggior parte delle rocce da attraversare. Nella galleria *N. 2* un canale di scolo di cm. 50×60 , scavato a destra del cunicolo (fig. 57), pareva più che suffi-

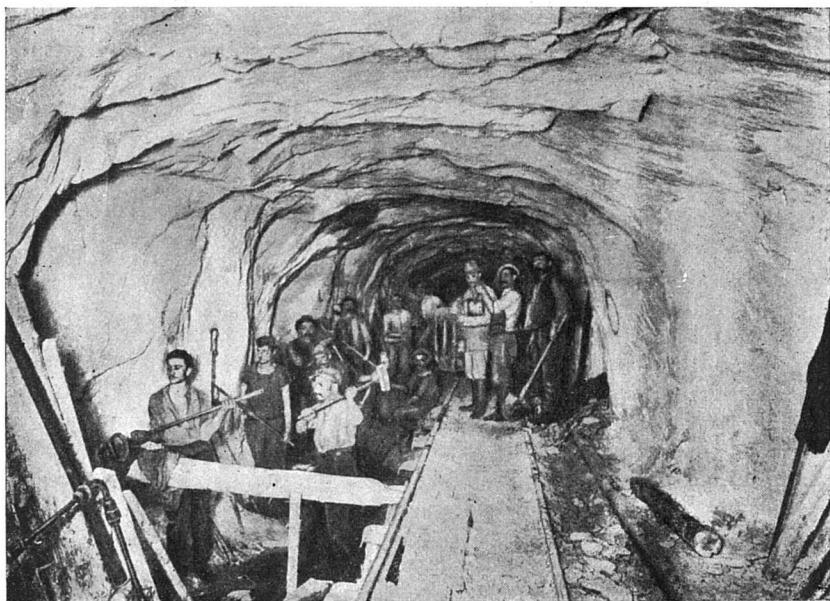


FIG. 57. — Scavo del canale nel *Tunnel N. 2* (Imbocco Nord).

ciente a convogliare e condurre all'esterno le magre sorgenti che *forse* si sarebbero incontrate (1): ma in questo

(1) « Quant aux infiltrations permanentes, elles sont peu à craindre dans cette section centrale, en raison, soit de la nature des roches, soit de la grand profondeur du tunnel, soit enfin de l'écoulement facile des eaux superficielles ». — (*Etude géologique*, ecc. dianzi citato. — Tale supposizione generale in ogni studio preventivo del Sempione, nel progetto, fu quella che fece commettere il grave errore di non pensare ad un'ampia cunetta di scolo e ad una diversa altezza di suolo fra i *tunnels 1* e *2*. — Da tale supposizione di una roccia piuttosto secca, e da altre previsioni geologiche sul profilo della montagna e sul-

calcolo preventivo delle acque sorgive non si tenne conto dei banchi calcarei, notissimi per la loro circolazione sotterranea, e delle numerose *faglie* o rotture di strati che si era ben lungi dal supporre in uno spaccato geologico che si credeva semplicissimo. Si era al quarto chilometro a Sud, e al sesto a Nord, cioè a più di metà del totale della galleria, e la scarsità dell'acqua confermava vieppiù la supposizione primitiva. — Ricordo benissimo che in una visita ai lavori, fatta in quell'epoca, mi meravigliai fortemente di vedere il canale già scavato e cementato e di aver chiesto al cortese ingegnere Lanino: E se non bastasse a convogliare tutta l'acqua che potrebbe ancor derivare dall'avanzata? Al che egli mi rispose sorridendo: Venga pure un po' d'acqua, che servirà almeno a rinfrescare la temperatura! — E l'acqua venne, dopo poche decine di metri, e irrupero i torrenti e inondarono la galleria, burlandosi in certa guisa del canale loro preparato dagli uomini. Anche qui, più che della parola mi valga l'aiuto delle figure per darvi almeno un'idea di quale diluvio sia stato teatro il nostro Traforo. Nella fig. 58 avete inferiormente il piano orizzontale delle due gallerie, e superiormente la sezione verticale del *tunnel N. 1*, per una lunghezza di 170 metri, cioè dalle quote 4280 a 4450. In questi 170 metri si noverano **40 sorgenti** di diversa portata, di varia natura, di disuguale temperatura e regime! Le principali e più imponenti e che diedero all'impresa tanto filo da torcere, si trovano in una tratta di 50 metri, intorno alla

l'interna temperatura, che l'esperienza della perforazione dimostrò più o meno errate, nacquerò anche le richieste di maggiori sussidii per parte dell'Impresa, ed il conflitto che dura da qualche tempo fra Impresa e Governo a questo proposito, di cui l'ultima fase fu una conferenza tenuta quest'anno a St. Gallen dal signor SULZER-ZIEGLER di Winterthur e la risposta che alla medesima pubblicò nello scorso mese il Prof. D.^r A. HEIM nelle *Eclogæ Geologicae Helvetiæ*. (Vedi *Ueber die geologische Voraussicht beim Simplon-Tunnel. Antwort auf die Angriffe des Herrn Nationalrat Ed. Sulzer-Ziegler, verfasst von Prof. D.^r ALB. HEIM*. In *Eclog. Geol. Helv.* Vol. VIII, Nov. 1904).

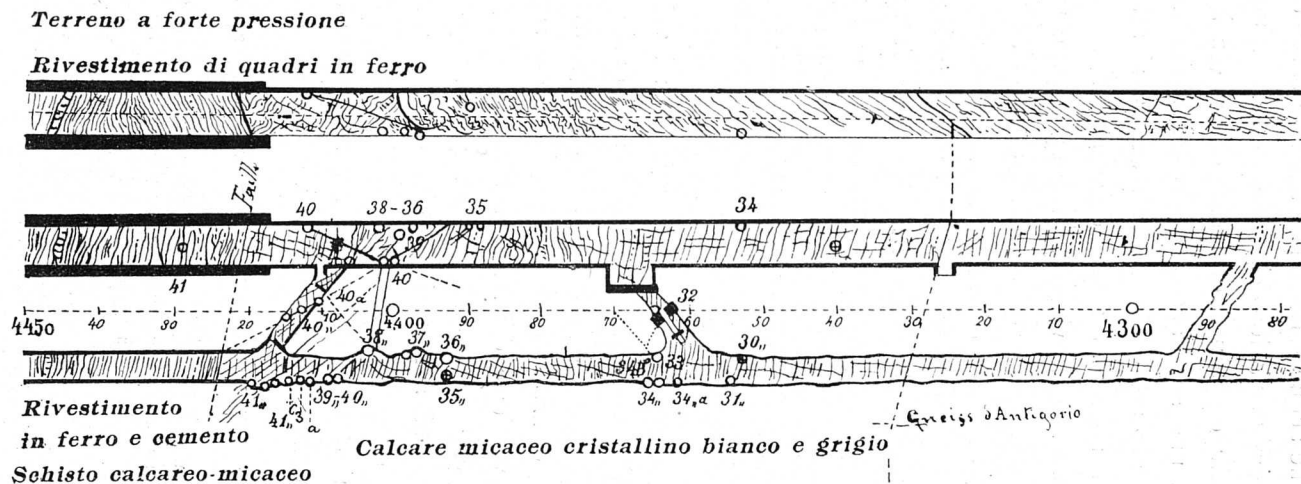


FIG. 58.

Sorgenti nella galleria del Sempione da 4280 a 4450 metri nell'imbocco italiano (da SCHARDT).

Superiormente: sezione verticale della galleria N. 1 — Al di sotto: planimetria delle due gallerie.

○ Sorgenti attive.

⊕ Sorgenti esaurite.

progressiva di 4410 metri. Su una lunghezza di dieci metri sbucarono venti torrenti che al principio diedero più di mille litri al minuto secondo. — Nelle figure successive (da 59 a 67) vi presento una serie di vedute, che bene esprimono in loro muto linguaggio, quali cateratte siano state aperte dalla perforatrice nelle viscere del monte.

Il peggio si fu che queste acque erano ad altissima pressione. Il primo e più potente irrompere dell'acqua nel *tunnel N. 1*, avvenne la sera del 30 Settembre, mentre si eseguiva l'ultima perforazione della giornata, cioè verso la mezzanotte. Uno dei tre fioretti delle perforatrici, che lavorava inclinato verso il suolo della galleria, giunto a circa mezzo metro di profondità, fu energicamente respinto



FIG. 59. — *Tunnel N. 1*. Sorgente 40 (4 Marzo 1903).

all'indietro, e dal foro iniziato si sprigionò all'istante un violentissimo getto d'acqua rossiccia, per l'ossido di ferro tenuto in sospensione, cosicchè tutti gli operai ne rimasero intrisi e qualcuno fortemente colpito. Si parlò di una pressione di 200 atmosfere, equivalente ad una colonna d'acqua dell'altezza di 2000 metri; altri più modestamente si attenne alle 150 e qualcuno discese fino alle 100: però di sicuro e in via assoluta nessuna cifra si può affermare, mancando del tutto i mezzi e i dati per la misura, non potendosi nemmeno calcolare sul diametro del foro pel dubbio se il ferro fosse o no rimasto nella roccia. Solamente dal canale di

scolo, si potè avere il quantitativo dell'acqua, pari a circa 250 litri al minuto secondo. Ma di certo la pressione doveva essere enorme, poichè lo zampillo, percuotendo con fortissimo rombo il soffitto del cunicolo, si rompeva in un vero diluvio, che riempiva l'avanzata per 30 o 40 metri, così da



FIG. 60. — *Tunnel N. 2. Sorgente 37*
(11 Maggio 1903).

togliere il respiro. Per circa tre giorni l'affusto colle sue perforatrici rimase sotto quell'acquazzone, dopo i quali potè esserne ritirato con grande stento da alcuni valorosi, che più e più volte si erano accinti al difficile compito.

La rigida colonna d'acqua, solida e liquida nello stesso tempo, rappresentò da quel giorno le colonne d'Ercole degli antichi, precludendo la via all'avanzamento (1).

Non rimaneva per questo impedito il progredire del *tunnel N. 2*, che era rimasto indietro di circa cinquanta metri, e che ancora si svolgeva nel gneiss d'Antigorio; approfittando del ristagno forzato del primo, non tardò a raggiungere il calcare saccaroide, attra-

(1) L'Impresa a quest'epoca era in anticipazione di circa 150 metri sul preventivo programma dei lavori, avendo raggiunto la metà della perforazione (sommando i due imbocchi di Briga e Iselle) un mese prima del previsto.

Nel mese di Ottobre l'avanzamento fu nullo; in novembre, lavorando parte a mano e parte a macchina si potè avanzare di 29 metri. La perforazione a mano fu ripresa l'11 Novembre, e il 15 quella a macchina, ma alla fine del mese, entrando nel micaschisto, si dovette armare fortemente la volta, e riprendere la perforazione a mano per altri quattro mesi.

verso il quale l'acqua gemente qua e là dalle screpolature della roccia, rappresentò il preludio di un secondo imminente diluvio, quale veramente scoppiò il giorno 4 ottobre, sì che anche in questa galleria si dovette sospendere la perforazione meccanica.

Ben supponendo l'Impresa che sarebbe stata cosa temeraria, se non anche impossibile, il precludere la via d'uscita alle masse liquide rinchiusi nel seno della montagna, affrontò coraggiosamente il problema di dare all'acqua la massima libertà, essendo certo meno difficile il lavoro con molta acqua a poca pressione, che con minore quantità a pressione altissima.

Al quale fine si determinò la perforazione di una galleria trasversale fra i due *tunnels*, quantunque essa non dovesse scavarsi che cento metri più avanti, per conservare la distanza stabilita di 200 metri l'una dall'altra. Questa traversa, che è ora la 21.^a bis, doveva svolgersi nell'intricato sistema delle fenditure dalle quali poteva prorompere l'acqua prigioniera, e dato che non la si fosse tosto trovata, si doveva dalla metà della trasversale procedere avanti nella roccia con una galleria intermedia e parallela ai due *tunnels*, sino a che la si fosse incontrata, raccolta e incanalata, in modo da lasciare libero l'accesso alle due avanzate. Ma non ci fu bisogno di tanto. Fatti pochi metri nella progettata trasversale, una potente cataratta, la più ingente di tutte, trovò li-



FIG. 61. — *Tunnel N. 2. Sorgente 36*
(11 Maggio 1903).

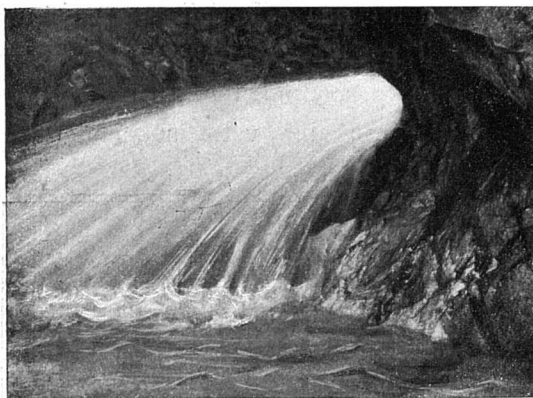


FIG. 62. — *Traversa XXI A. Sorgente 32*
(Gennaio 1902).

sarono *mai* di affluire, variando il loro quantitativo secondo i mesi, da 730 a 1000 e più litri al secondo. Le acque furono tutte guidate nel *tunnel N. 2*, ove riuscendo affatto insufficiente il canale di scolo, ne invasero anche tutta la larghezza del pavimento, per un'altezza di quasi venti centimetri. Attualmente l'Impresa lavora allo scavo di un canale sussidiario lungo quattro chilometri nel *tunnel N. 1*, pel quale lavoro ottenne dal governo federale il sussidio di un milione.

La grande diversità di temperatura e di durezza che si osserva in queste

bera la via, e le acque riunite di tutte le polle, in cui scemò rapidamente la pressione, diede un quantitativo di 1080 litri al secondo.

Dal giorno in cui queste acque apparvero, esse non ces-

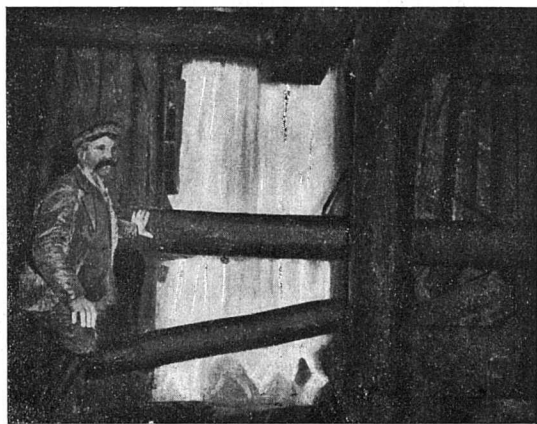


FIG. 63. — *Tunnel N. 2. Sorgente 41*
(3 Aprile 1903).

sorgenti (e talora fra due polle vicinissime) ci mostra di primo acchito il lunghissimo viaggio sotterraneo di talune in confronto di altre, e l'intricato labirinto di fenditure che interseca il calcare



FIG. 64. — *Traversa XXI B. Sorgente 40 b*
(21 Gennaio 1902).

in ogni direzione. A questo punto io sarei naturalmente portato a discorrere sull'origine di quest'acque che cagionarono cotanto trambusto; ma per non abusare soverchiamente della cortese attenzione del mio uditorio, omai già duramente messo alla prova, io non entrerò nell'argomento, non volendolo sciupare col troppo condensarlo.



FIG. 65. — *Tunnel N. 2. Sorgente 18 a (calda)*
(3 Aprile 1903).

Dirò solo che nulla ho da mutare a quanto già esposi due anni or sono in altra Conferenza sull'origine dell'*Acqua nel Traforo del Sempione* (1) e

(1) A. MALLADRA, *L'Acqua nel Traforo del Sempione*, Milano, Tip. Editrice L. F. Co-

che mi riservo di trattarne più diffusamente, in apposita *Memoria*.

* * *

Non volendone per ora nemmeno subire l'affascinante tentazione, v'invito, o Signori, a penetrare colla mente at-

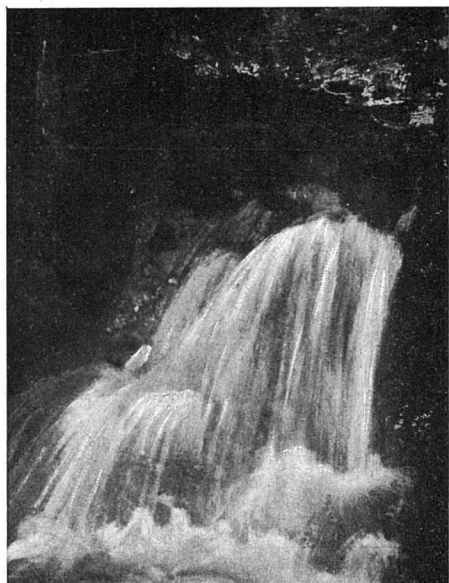


FIG. 66. — *Traversa XIX*. Sorgente 9 (calda)
(3 Aprile 1903).

traverso la barriera che ancora separa i due imbocchi, per dare un semplice sguardo a quanto avvenne ultimamente all'avanzata di Briga (figura 67). — Raggiunto colà il culmine del Traforo, con una temperatura di 50 gradi, l'Impresa incominciò il lavoro in contropendenza verso l'Italia. A tal uopo anzichè discendere tosto, il cunicolo di avanzata si mantenne in salita, portandosi poco alla volta dal cunicolo di base al

cunicolo di sommità della galleria: si poterono così fare 500 metri senza bisogno di pompe, ma raggiunto il colmo della

gliati, 1902. — In questo lavoro io esposi l'idea, e credo pel primo, che l'acqua irrompente nel *tunnel* provenisse in massima parte, anzi quasi interamente, dalle infiltrazioni dirette delle precipitazioni meteoriche (piogge, scolo di nevi e ghiacci) attraverso il banco calcareo incontrato dalla perforatrice ed emergente sul profilo esterno nella regione carsica che si estende dal Teggiolo alla Possetta e alla Punta di Vallé (vedi il profilo geologico), scartando assolutamente ogni altra idea di infiltrazione diretta dal Lago d'Avino, dalla Cairasca ed anche dalla Diveria e dal Rodano, come in quel tempo si leggeva su giornali nostri ed esteri. Parlo

calotta fu giuocoforza discendere, e si discese di fatto con una pendenza del dodici per mille lavorando colle pompe per riasorbire le acque delle perforatrici e ricondurle al culmine. Dopo trenta metri di discesa, a 10143 metri dall'imbocco, ecco una prima polla di trenta litri al secondo, e quel che è

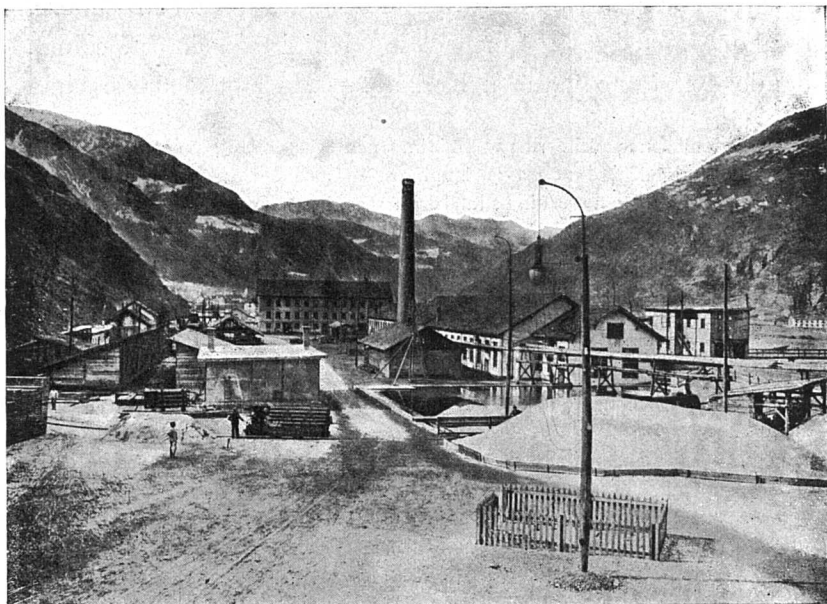


FIG. 67. — Cantiere di Briga.

peggio con una temperatura di *49 gradi*, tali cioè da non poterci sguazzare per entro impunemente. Furono collocate nuove pompe, e, ben potete immaginare con quale angu-

e parlai allora di filtrazione diretta e *per libera canalizzazione*, non di quella molecolare che può provenire donde che sia, o di quella che avviene secondo i piani di schistosità, che non mancano in nessuna roccia.

Esposi pure sin d'allora l'opinione della perennità di queste sorgenti, salvo la casuale ostruzione dei canali interni, scartando così anche l'opinione quasi contemporanea del chiar. dott. H. SCHARDT di grandi serbatoi interni che vuotandosi in cinque o sei mesi avrebbero lasciato libera l'avanzata. Il tempo diede ragione all'ipotesi. La perennità delle sorgenti che seguono gli effetti immediati

stiante ed affannoso lavoro fu ripresa la perforazione. Ma il Sempione per ultima e più atroce vendetta gittò contro gli intrepidi pionieri, subito dopo il primo attacco, una seconda polla, maggiore della prima e di pari temperatura, cioè quaranta litri al secondo. Con un totale di settanta litri al secondo d'acqua termale la squadra dei valorosi dovette retrocedere, le acque invasero il cunicolo, lo riempirono sino al colmo, donde defluirono verso il Rodano. — Ma non si diede vinta

delle stagioni con qualche ritardo (minimo nell'inverno pel gelo e massimo nell'estate pel disgelo), dimostra la lunghezza di alcune vie sotterranee percorse dall'acqua, lunghezza pure dimostrata dalla maggior temperatura e dalla durezza di certe sorgenti.

L'esito negativo della colorazione della Cairasca colla fluoresceina, è pure un fatto eloquente a questo proposito. Dico *esito negativo*, poichè con *trecento chilogrammi* di fluoresceina immessi nella Cairasca, data l'intensità di colorazione di questa sostanza, pare che si sarebbe dovuto avere un esito di gran lunga più positivo di quello ottenuto, consistente in una tenuissima colorazione arrivata in ritardo e vista solamente dal dott. SCHARDT coll'uso del fluoscopio; colorazione che si può spiegare colla capillarità e fessurazione della roccia, ma assolutamente insufficiente per una vera e libera canalizzazione, quale dovrebbe corrispondere ad un efflusso di almeno 500 litri al secondo proveniente della Cairasca, come suppone il dott. SCHARDT nel suo minuto e dotto lavoro sulle sorgenti del *tunnel*. Il chiaro professore partendo dall'ipotesi, che le precipitazioni meteoriche di un certo bacino di raccoglimento delle acque sgorganti nel *tunnel* (bacino che egli segna nella Carta che accompagna il suo lavoro) raggiunge il valore annuo di due metri, trova naturalmente che tale quantità è insufficiente per alimentare perennemente le sorgenti; quindi l'aggiunta di un contributo della Cairasca che il dott. SCHARDT dapprima supponeva in alta proporzione, più tardi ridotto al 50 per cento, e poscia in una conversazione ch'io ebbi con lui, al 30 per cento. Ora questa quota a me pare ancora eccessiva, (per l'esito ottenuto colla fluoresceina), e l'appello alla Cairasca, che stimo superfluo, mi dimostra solo una cosa, che cioè è troppo scarsa la supposta quota di precipitazione od è troppo ristretto il bacino di raccoglimento delineato, o tutte e due le cose insieme. — Mancando di dati positivi sulla precipitazione meteorica nelle regioni alpine in discorso, è anche impossibile fare dei calcoli precisi, ma considerando che l'Ossola è la regione più piovosa d'Italia, e che all'Osservatorio di Domodossola si registrano da trent'anni delle quote di 1600 a 1800 millimetri di pioggia annua, non credo di andar troppo lungi dal vero, ammettendo per le alte regioni del Sempione e del m. Leone una quantità superiore a quella di due metri. Quanto al bacino di raccoglimento delle acque sorgive del *tunnel*, credo che sia molto difficile lo stabilirlo, perchè altro è parlare di campo collettore di acque superficiali ed altro è discorrere di campo collettore delle acque profonde. Queste per infiltrazione e per

l'Impresa; per quattro mesi le pompe lavorarono alacremente a vuotare la galleria inondata, e finalmente si riuscì a collocare due porte di sicurezza così da contenere in spazio limitato le due sorgenti, e il 20 Marzo u. s. riuscì pienamente l'audace tentativo di riaccostare la perforatrice alla fronte d'attacco e fu ripresa la perforazione meccanica, con una media di 3 metri al giorno (1).

Ma oramai

È da partir, chè tutto avem veduto (2).

libera canalizzazione possono provenire da regioni affatto estranee al bacino di raccoglimento superficiale. Una fessurazione un po' intensa nella roccia (e la cosa è comunissima nei terreni calcarei e dolomitici) può far derivare in una valle l'acqua di una valle contigua, proveniente da altri campi raccoglitori, e tanto più vale l'argomento quanto più le acque sono sotterranee. Non è quindi fuor di proposito il pensare che una parte delle sorgenti del tunnel possono provenire da regioni calcaree limitrofe, affatto indipendenti, pel naturale displuvio, dal bacino di raccoglimento superficiale, soprastante all'asse del traforo.

(Vedi Doct. H. SCHARDT, prof.: *Rapport sur les venues d'eaux rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle*. Lausanne, Impr. Corbaz, Février 1902; Id. *Note sur le profil géologique et la tectonique du massif du Simplon, suivie d'un rapport supplémentaire sur les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle*. Lausanne, Corbaz e C., Août 1903).

(1) Nei successivi giorni di Marzo, in Aprile e nella prima quindicina di Maggio, la perforazione meccanica continuò senza ulteriori incidenti per altri 233 metri, con una media di 5 metri per ogni giorno di lavoro, raggiungendosi così la progressiva 10376 metri. Ma il 16 Maggio, alle ore 15,30 si incontrò colla perforazione meccanica un'altra sorgente di acqua calda di venti litri al secondo, con una temperatura di 45 centigradi. Tutta quest'acqua calda elevando ad un grado insopportabile la temperatura della roccia, e non essendovi acqua compressa sufficiente per refrigerare le tre sorgenti e far agire le perforatrici, l'Impresa decise di sospendere i lavori di avanzata all'Imbocco Nord, non essendovi nessuna convenienza finanziaria a stabilire un nuovo macchinario di sussidio per le poche centinaia di metri che ancora restano a perforare. Fu sgombrata la galleria da tutto il materiale dell'avanzamento e si serrarono le porte di sicurezza (fig. 68), in attesa che la galleria di Iselle, dopo la caduta dell'ultimo diaframma, possa servire di scolo a tutte queste sorgenti termali.

Il fiume Rodano, quasi a sanzionare la decisione dell'Impresa e forse stanco di tanto e si diuturno lavoro, il 28 Maggio ostruì completamente il canale di presa col detrito proveniente da una frana, caduta a monte della presa d'acqua.

(2) *Inf.*, 34, 68.

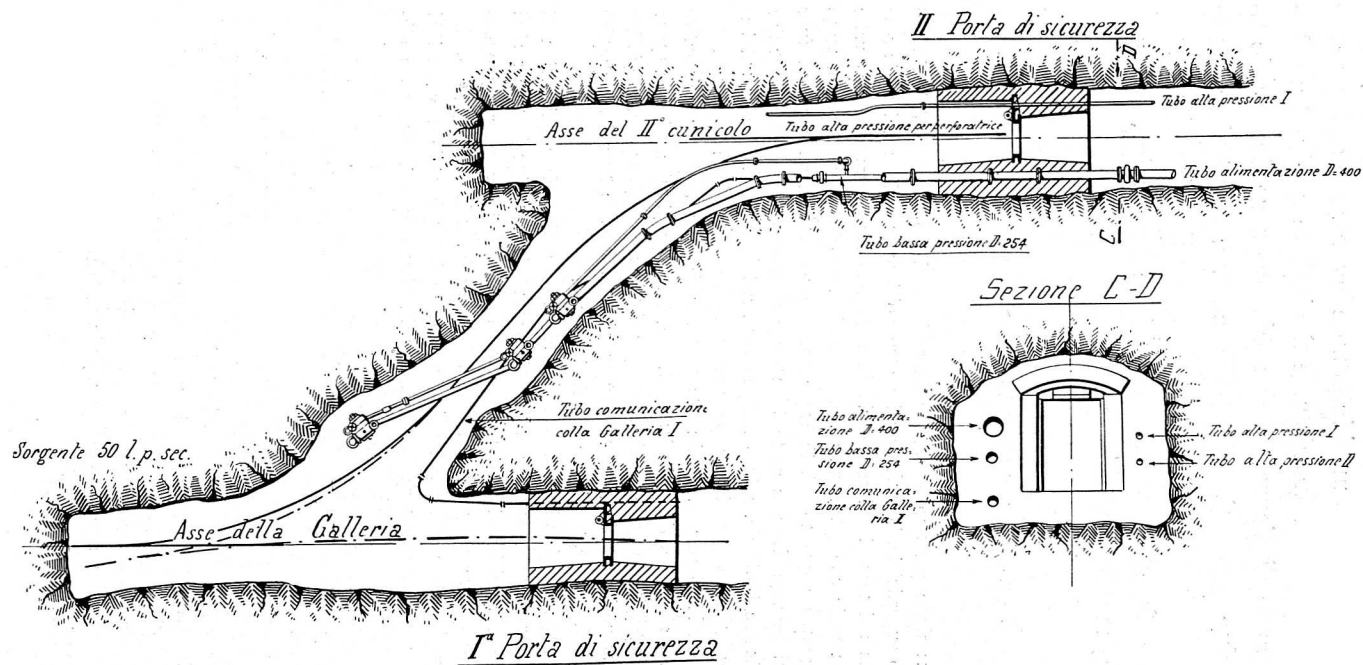


FIG. 68. — Fronte di attacco della galleria di Briga, invasa dalle acque termali, con le porte di sicurezza.

(Il cunicolo principale e il cunicolo II sono riuniti da una traversa).

Saliamo sul treno degli operai, che hanno terminato la loro faticosa giornata (fig: 69), e con essi e com'essi ben bagnati ed infangati, usciamo a riveder le stelle.

* * *

Duolmi vivamente, cortesi Signori, d'avere, e colla parola scolorita e per la tirannia del tempo, quasi sciupato un

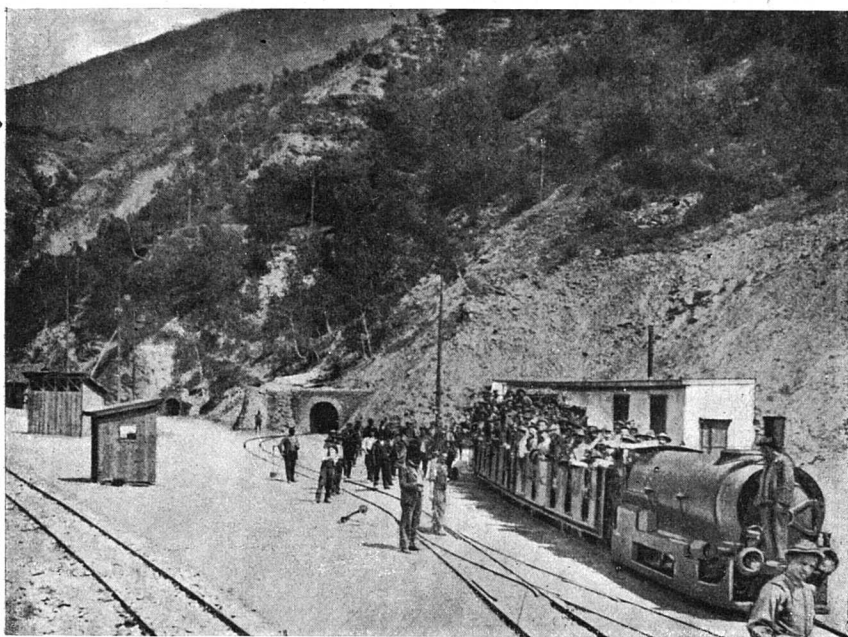


FIG. 69. — Treno-operai che esce dall'imbocco svizzero.

argomento di così vivo interesse; ma sono rimpianti tardivi, è ora che io finisca davvero, perchè anche

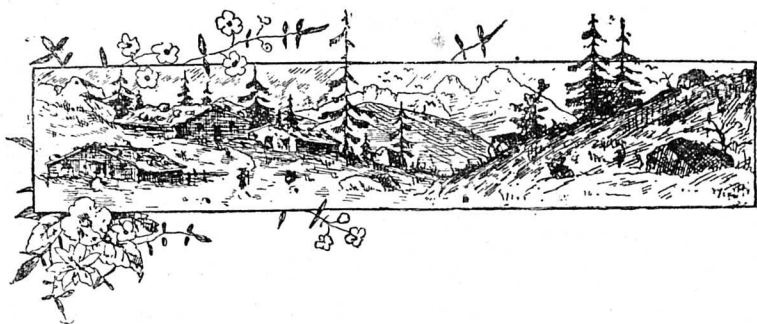
Non mi lascia più gir lo fren dell'arte, (1)

ed è con un pensiero pietoso che io prendo commiato da voi.

(1) *Purg.*, XXXIII. 139.

Allorchè comodamente seduti sui molli cuscini di una vettura di prima o di seconda classe, volerete colla rapidità di settanta chilometri all'ora dietro una sbuffante vaporiera, che in quindici minuti vi farà attraversare il Traforo del Sempione, ricordate quanti sacrifici di umane vite ha richiesto la titanica Impresa, per riuscire vittoriosa di cotanti e sì gravi ostacoli. — Voli il vostro pensiero affettuoso e riconoscente a quegli umili eroi del lavoro, che innaffiarono coi loro sudori, che tinsero col loro sangue le asprissime roccie del Sempione. Sorga alle porte d'Italia un imperituro monumento che ricordi alle venture generazioni, i gloriosi che caddero sul campo, in quest'acerrima lotta contro la Natura. Ad essi vada la nostra gratitudine, la nostra ammirazione, ad essi il memore tributo della gran patria, l'ITALIA. Essa è grata ai suoi figli che la servono nelle opere della guerra e nelle opere della pace, nelle opere del braccio e nelle opere del pensiero, e la rendono gloriosa dinanzi alle genti che, entrando pel Brennero, s'inclinano alla grande ombra di Dante nella terra del Rosmini, e pel Sempione a Domodossola, alla grande ombra di Antonio Rosmini, sulla libera terra di Dante.





APPENDICE

sugli ultimi fenomeni idrotermali avvenuti nel traforo del Sempione.

L timore che anche nella galleria italiana, la sola omai accessibile alla perforatrice, le cose non dovessero andarè tanto liscie fino all'abbattimento dell'ultimo diaframma, ebbe pur troppo la sua realizzazione il 6 Settembre trascorso. Sino a quel giorno la perforazione meccanica nella galleria di Iselle procedeva a gonfie vele, con una media avanzata di cinque metri al giorno. La temperatura della roccia si andava gradatamente elevando, e l'Impresa stava ponendo in opera quei mezzi di refrigerio che potessero rendere via via tollerabile l'ambiente destinato al lavoro degli operai e degli ingegneri. Si era giunti alla progressiva di 9110 metri dall'imbocco Sud, e non restavano più che 244 metri a perforarsi per raggiungere la galleria Nord abbandonata. Il calcolo di cinque metri al giorno faceva sperare che verso la fine di Ottobre o ai primi di Novembre, il tanto sospirato incontro si sarebbe effettuato. Alle dieci del mattino dell'anzidetto giorno, durante la perforazione di una zona di schisto calcareo apparvero le

prime gocce e poi i primi filetti di acqua calda attraverso le fessure della fronte d'avanzata, che, dopo lo sparo delle mine, si convertirono in una grossa sorgente termale. Le perforatrici da quel giorno in sino ad oggi (1.º Dicembre) non poterono più accostarsi alla fronte del *tunnel N. 1*. La temperatura della roccia era di centigradi 42,5, ma quella dell'acqua raggiungeva 45 centigradi.

Nei primi giorni della sua comparsa la portata della sorgente superava certamente la quantità di 100 litri al minuto secondo (3600 metri cubi all'ora), ma dopo andò scemando per qualche tempo finchè si mantenne stazionaria alla portata di 75 litri secondo alcuni e di 60 litri secondo altri. La differenza viene dal diverso modo di applicare la formola di BAZIN per gli stramazzi attraverso un canale (1).

L'acqua a 45 centigradi non è più sopportabile dalla pelle umana, sulla quale agisce con senso dolorifico: non è quindi più il caso delle cateratte d'acqua trovate a 4420 metri, ove per quanto ritardatrici del lavoro, l'uomo vi poté lavorare immerso impunemente fino alla cintola. Qui gli stivali scottano, mentre il cuoio si cuoce, e il vestito non protegge per nulla dallo stillicidio del soffitto. Bisogna quindi pensare prima di tutto a incanalare l'acqua per renderla inoffensiva. A tal uopo si spinse avanti la galleria *N. 2* sino al livello della galleria principale e si perforò una traversa. Ivi fu collocato un canale in legno e così si portò l'acqua termale nel *N. 2*. Nella speranza di poter deviare la sorgente direttamente nel *N. 2* sino dall'origine, si spinse ancora avanti questa galleria, disponendo sul suo fondo un robusto canale di legno, di forma ottagonale, e si incominciò un'altra traversa per attaccare *a posteriori* la fronte del *tunnel* di direzione; ma l'acqua apparve anche nel *N. 2* verso la metà di Novembre,

(1) G. COLOMBO, *Manuale dell'Ingegnere*, Manuali Hoepli.

senza abbandonare la prima fronte, con un totale di 125 litri al secondo, e la temperatura fino a 46.6 centigradi. Quest'acqua è anche satura di solfato di calcio, poichè l'analisi chimica dimostrò che un litro contiene :

Solfato di calcio	millig.	2143
Solfato di magnesio	"	296
Carbonato di calcio	"	70
Silice		traccie.

Malgrado questa nuova sorgente, si riuscì a perforare nella seconda metà di Novembre altri quattordici metri, dimodochè al 1.° Dicembre il diaframma fu ridotto a 230 metri.

*
* * *

Come già all'epoca delle prime grandi irruzioni (Settembre 1902) sorge anche ora spontanea la domanda: Donde può provenire quest'acqua? — L'ispezione del profilo geologico può darci una risposta soddisfacente, analoga a quella ripetuta più sopra per le prime sorgenti. Il diaframma che separa l'avanzata Nord (m. 10376) dall'avanzata Sud (m. 9140) giace sul prolungamento di una sinclinale calcarea, le cui gambe emergono rispettivamente alla punta di Vallè e alla piana d'Avino; anzi la sinclinale stessa che nel profilo si ferma ad una distanza ipotetica di circa 300 metri dall'asse della galleria, deve forse abbassarsi fino a comprendere nella sua cavità l'intero diaframma, avendo recentemente la perforazione incontrato un banco calcareo, uguale a quello che pure si incontrò all'avanzata svizzera, e che determinò la sospensione dei lavori. Questo strato di calcare è il medesimo (secondo il profilo Schardt) che dopo aver formato un'altra sinclinale sopra il 7.° chilometro dall'imbocco Sud, si ripiega

una terza volta tra il 5.° e il 6.° chilometro a formare una sinclinale orizzontale, ed accresciuta la sua potenza, attraversa obliquamente la galleria nella zona acquifera. Si tratta adunque sempre della stessa roccia, che se nella regione della Possetta e del Teggiolo può raccogliere grande volume d'acqua, per la sua ampia superficie emergente, diminuisce la sua facoltà assorbente nella 2.^a e nella 3.^a sinclinale pel restringersi del suo spessore. Anche gli scisti argillosi e calcarei che sono compresi fra l'una e l'altra sinclinale e così spesso intercalati da strati di calcare puro, possono concorrere a formare una zona eminentemente acquifera nella sezione da perforare, ove tutti convergono, come le stecche di un ventaglio al perno. Concessa l'esattezza a questo profilo, e supposto che la geologia non debba subire per esso un altro scacco, è persino a meravigliare che una così ampia superficie di assorbimento, quale è data dall'emergenza radiale di tutte queste testate calcaree, frammiste ad altre rocce più o meno calcaree, dia un quantitativo d'acqua relativamente piccolo nella zona di convergenza. Laonde si può dubitare fortemente che la perforatrice abbia ancora ad incontrare altre sorgenti, se non si preferisce opinare che una parte dell'acque ivi affluente trovi le sue vie di uscita verso quella stessa regione eminentemente acquifera che caratterizza il quarto chilometro. Ma che cosa si può dire di appena appena sicuro in un campo così bizzarro e così buio, qual è quello delle vie acquee sotterranee?

Voglio tuttavia far ancor ricordare come questi banchi di calcare puro, alternati da micascisti calcarei, mentre attraversano a Nord-est la valle della Cairasca, distanziandosi sempre più fra loro, verso Sud-ovest riuniti in un solo potente stato attraversano il letto della Diveria in una zona intermedia fra Al Gabi e le gallerie di Gondo (presso la vecchia caserma).

Questa zona trovandosi all'altezza di 1164 metri sul mare, sovrasta di circa 600 metri all'asse della galleria da perforare, e ne dista in linea retta otto chilometri all'incirca. L'esito dell'esperienza colla fluoresceina ha dimostrato quanto infimo sia il contributo della Cairasca rispetto alle infiltrazioni superiori per le sorgenti del traforo; ma questo non è un motivo per escludere *a priori* una prova con la Diveria, non fosse altro che per scartarla definitivamente in caso negativo. Laonde io mi auguro che l'Impresa o la Direzione delle Ferrovie federali vogliano tentare questa prova nell'interesse della scienza. Cento chilogrammi di fluoresceina, versati nella Diveria presso Al Gabi, cioè a due chilometri a monte della zona calcarea, in maniera da ottenerne la completa soluzione, e versati a periodi, cioè in modo da ottenere una intensa colorazione della durata di almeno un'ora per ogni punto della zona, sarebbero più che sufficienti per risolvere la questione. La stagione invernale che trae seco la magra dei torrenti alpini e quindi una maggiore densità di colorazione a parità di peso è la più propizia all'esperimento, benchè sembri a prima vista che la contrarii, col diminuire la superficie di assorbimento dell'alveo torrentizio, perchè infatti basta costruire una diga provvisoria in legname, a valle della zona da sperimentarsi, per ricondurre la superficie assorbente alla quota normale, ed anche maggiore.

* * *

Per intanto all'avanzata di Iselle non rimane che diluire la temperatura della sorgente con altrettanta acqua fredda, ma essendo insufficiente a questo scopo la tubazione dell'acqua compressa (già completamente usufruita dalle per-

foratrici e dagli iniettori), si dovette affrettare il collocamento della macchina a vapore nella traversa 23, per spingervi con una pompa centrifuga le sorgenti fresche fino all'avanzata, con una nuova tubazione, lunga 4500 metri. La traversa 23 venne all'uopo trasformata in un vano principale dell'altezza di m. 4.30, lungo m. 9.40 e largo m. 5.50, per installarvi la locomobile e le trasmissioni a cinghia; a questo vano ne segue un secondo di metà ampiezza che accoglie una seconda trasmissione e le pompe. Lavoro immenso e costosissimo, che si sarebbe di molto semplificato con trasmissione di energia elettrica dal cantiere esterno, la quale avrebbe anche escluso il movimento di nuova materia, il carbone, e la produzione del fumo. La nuova tubazione, come l'antica dell'acqua compressa, sono circondate per tutta la loro lunghezza (dalla 23.^a traversa all'avanzata), da un manicotto in lamiera di ferro, ripieno di carbone di legna sminuzzato, sostanza assai coibente, per impedire il riscaldamento dell'acqua. Prima della macchina a vapore, già esisteva nella traversa accennata una motrice ad acqua compressa che animava la pompa; ora le due motrici potranno lavorare in parallelo se l'una o l'altra saranno da sole insufficienti. L'acqua da esse pompata ha una temperatura di 13 gradi, e servirà non solo a diluire le comparse sorgenti termali e quelle che potrebbero per avventura apparire, ma a rinfrescare maggiormente l'aria dei ventilatori. A questo fine esiste nella galleria N. 2, a qualche centinaio di metri dell'avanzata, una rosa di innaffiamento, costituita da un grosso tubo lateralmente foracchiato, lungo tre metri e accollato ad una parete del *tunnel*. L'acqua che spruzza dai fori riempie il cunicolo, per un'uguale lunghezza, di colonne liquide paraboliche, tra quali filtra e si rinfresca l'aria che sale dall'imbocco. Altrove è una lama liquida, proveniente da un getto a fessura, che si distende attraverso il *tunnel*, ottenendo il medesimo effetto.

Degli appositi guardiani chiudono le valvole di comando di siffatti inaffiatori al passaggio di qualche persona, e le riaprono subito dopo.

Alla fronte della galleria principale si verifica un analogo sistema per raffreddare la roccia, servendosi all'uopo dell'acqua compressa a 100 atmosfere, che sprizza violentemente da quattro tubi laterali, perforati per una lunghezza di circa 10 metri. I fili d'acqua che escono dai fori non presentano a prima vista nulla di particolare, ma guai al dito che ingannato dalla loro piccolezza, si azzardasse e chiuderne i forellini di uscita: in pochi secondi sarebbe trapassato da questi fluidi spilli! Uno straccio gettato sovr'essi è immediatamente bucato; anzi l'acqua lima il ferro nell'uscita e ne allarga via via gli orifici.

* * *

Tutta quest'acqua fredda portata all'avanzata, in un ambiente caldo e saturo di vapori, ne provoca la condensazione, e la nebbia che si forma rende più difficile la visione, già scarsa per i poveri mezzi di illuminazione. Si comprende egualmente come l'umidità dell'atmosfera in tali condizioni giunga al cento per cento, e come unita al calore sia causa di una rapidissima ossidazione degli oggetti di ferro, nè più nè meno come avviene nelle regioni equatoriali, ove al passaggio della linea si deve avere una somma cura dei ferri bruniti del macchinario, perchè non restino sciupati. In una recente visita alla fronte d'attacco, durata non più di dieci minuti, ne uscii non solo coi piedi brucianti negli stivali, e madido e inzuppato di acqua calda, di acqua fredda e di sudore, ma con le parti metalliche dell'astuccio di una Kodak tutte arrugginite! Il cunicolo di avanzata scavato a principio coll'al-

tezza normale di due metri, abbandonato senza difese all'immane pressione della montagna, si è abbassato in due mesi di più che mezzo metro, tanto che bisognava procedere ben chini, piegando il corpo in tre pezzi: si sarebbe proceduto più volentieri in ginocchio o a quattro gambe, se l'acqua scottante non l'avesse assolutamente vietato. E questo un altro esempio della pressione rocciosa, di quella pressione che in questo traforo si può ben dire rappresenti la maggiore difficoltà, contro cui si deve continuamente lottare.

Se gli accennati mezzi di refrigerio non saranno sufficienti a creare un ambiente sopportabile, bisognerà ricorrere al ghiaccio, come già vi si ricorse nell'imbocco svizzero, installando nella galleria una macchina per fabbricarlo, cosicchè l'aria passi attraverso una catasta di bastoni di ghiaccio. Con questo metodo si vinse l'alta temperatura nella regione mediana del *tunnel*, ove essa attinse nella roccia 52 centigradi, e in qualche punto salì fino a 60 gradi.

Se incanalata questa polla termale, non ne sorgeranno altre, è a sperare che i rimanenti 230 metri che separano le due opposte avanzate saranno abbattuti in 50 giorni, e si possa effettuare l'incontro nella seconda quindicina del prossimo Gennaio; ma la roccia, come dissi, è in tali condizioni, per natura litologica e stratigrafica, da favorire le interne acque circolanti, non è quindi del tutto improbabile la irruzione di nuove sorgenti termali. L'Impresa ad ogni buon conto ha saviamente pensato di procedere nel *tunnel N. 2* col mentovato canale di legno ottagonale, pronto a riceverle. Se esse verranno, ogni previsione sulla data di incontro diventa prematura, poichè in tal caso, per ripetere quanto dissi a principio, *sallo solamente Iddio quando si finirà!*

Ad ogni modo non è dubitare della vittoria dell'umano ingegno in questa gigantesca tenzone contro la natura. Il Sempione, come un manipolo di prodi che difendono accani-

tamente la sacra bandiera contro un nemico esorbitante, resiste ad oltranza e vuol vendere cara la sua disfatta. Ogni difficoltà si accumula in questo diaframma di 230 metri; la temperatura, l'acqua, la pressione, che prima agivano separati, ora si associano a difendere l'integrità del monte contro l'invasione umana; ma la scintilla divina che brilla nella nostra specie la vincerà: sarà questione di tempo.... e di danaro; e col tempo e col danaro maturerà anche il traforo del Sempione!

(1.º Dicembre 1904).

Il ritardo con cui esce questa seconda edizione (dovuto alla preparazione delle nuove figure e della *Bibliografia*) mi permette di unirvi anche le notizie del mese di Dicembre.

Terminata la 45.^a traversa, si potè *girare* la fronte di attacco del *N. 1*, e procedere avanti verso il Nord, lasciando indietro un piccolo diaframma di circa 30 metri. Verso la fine del mese si lavorava nel *N. 1* a tre attacchi diversi:

1.º *Nell' attacco diretto* sospeso il 6 Settembre, per l'irruzione dell'acqua calda, con lavori di riparazione alle armature, ricambio di quadri in legno, posa in opera di quadri nuovi, abbassamento del suolo, collocazione di lamiere contro il cielo del cunicolo a riparo dell'acqua calda cadente dall'alto; agli ultimi del mese si riprese lo scavo a mano della avanzata, con lavoro assai difficile e penoso, causa l'acqua ed il caldo.

2.º *Attacco*. Fu iniziato alla progressiva di 9169 metri e proseguito verso il Nord, servendosi della traversa 45. Qui si lavorò con perforazione meccanica in terreno calcareo grigio, venato di bianco.

3.^o *Attacco*. È quello posteriore all'attacco 1.^o, ossia dalla 45.^a traversa verso Sud. Si lavorò a mano con scarso progresso.

Nell'attacco 2.^o (verso Nord) apparve la notte del 29 Dicembre una piccola sorgente calda: una seconda sorgente apparve pure nella galleria *N. 2*, con temperatura di centigradi 46.8 circa.

In tutto il mese si scavarono 52 metri, guadagnando la progressiva di m. 9213,10, riducendosi così il diaframma di separazione tra i due imbocchi a metri 141.

Ma il primo giorno di quest'anno il Traforo volle portare i suoi auguri all'Impresa, e quasi a confermare le poco liete previsioni fatte a pag. 132, scaturirono nell'attacco 2 (verso Nord) due nuove sorgenti calde, recanti complessivamente 15 litri al secondo. L'acqua uscendo con pressione, e divenendo il caldo oltremodo penoso, si ritirarono nuovamente le perforatrici, per poter continuare la collocazione del canale di legno sino alla presa di queste sorgenti.

Oramai ogni piccolo guadagno nell'avanzata del tunnel diviene un avvenimento straordinario, che tutti i giornali si affrettano a registrare. A chi segue da vicino le alternative di questa epica lotta contro il caldo, sorge spontaneo nella mente il ricordo e il contrasto di quell'altra gloriosissima lotta della spedizione Cagni contro il freddo. In questa come in quella si calcola ogni giorno con l'ansia nel cuore il cammino percorso e quello da superare; in quella erano chilometri, in questa sono metri; colà è un manipolo di eroi che sfidando gli orrori della notte polare si spinge fatalmente verso il perno terrestre, qui è un altro manipolo di prodi che sfida gli orrori di una notte cavernosa e si spinge nelle profondità terrestri; colà l'onore dell'itala bandiera e il culto della scienza tenevano salda la fede nel procedere; qui rinfrancano la fiducia nel progredire, l'onore della data

parola e le necessità dell'industria e del commercio; colà quasi 50 gradi sotto zero e uomini impellicciati che si dibattono contro il gelo che ne morde rabbiosamente le membra, qui quasi 50 gradi sopra zero e uomini seminudi che grondano come spugne e cercano il cantuccio ove salvarsi dal cuocere a lessol

Colà era un'intrepida squadra di uomini scelti, non ascritti a partiti, guidati da un principe valente e generoso, che muove al grido di *Sempre avanti Savoia*, che pare divenuto per la circostanza il grido dei fortunati; qui è una valorosa schiera di uomini del popolo, che nella lotta per la vita muovono all'assalto del monte, al grido di *Sempre avanti Sempione*, che diviene per la circostanza il grido popolare.

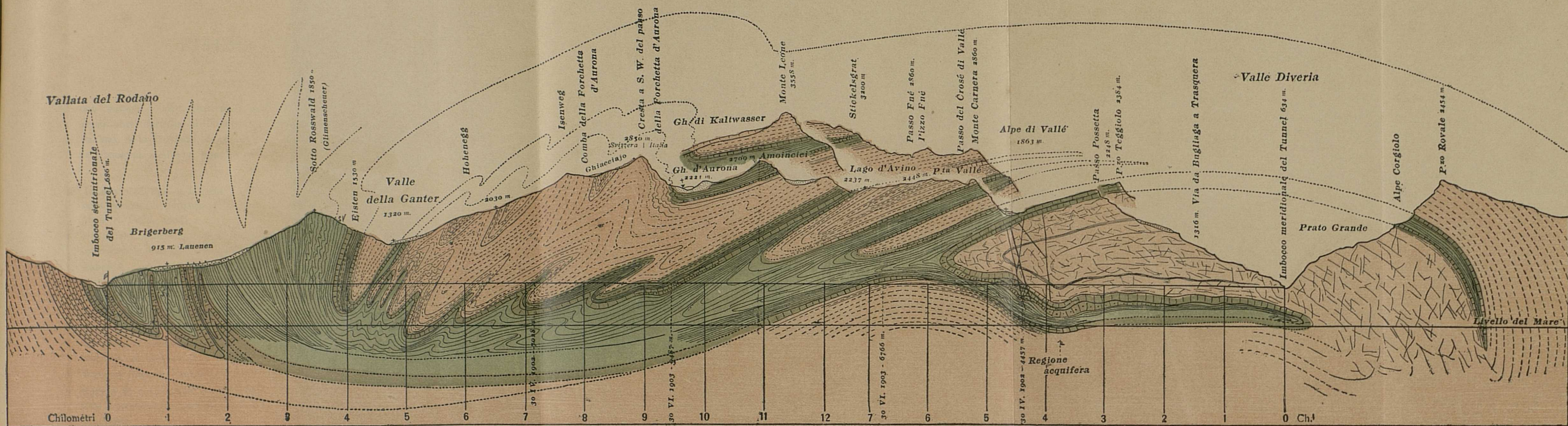
Il bene, il buono, l'utile ed il bello esistono da ambe le parti, e poichè meta suprema dell'umanità è il conseguimento della maggior somma di questi elementi, auguriamoci vivamente che i gridi delle due simboliche squadre si uniscano in uno solo con mirabile accordo sinfonico, preludiante ad una vera grandezza della Patria nostra, a quella vera pace e fratellanza degli uomini che primo portò sulla terra il Pargolo di Betlem agli uomini di *buona volontà*.

(2 Gennaio 1905).

FINE.

PROFILO GEOLOGICO DEL TRAFORO DEL SEMPIONE

(RILIEVO DEL 1901 SECONDO IL DOTT. SCHARDT).



DESCRIZIONE DEI TERRENI

Scala di 1 : 63000.

	Alluvioni, frane, morene		
	Schisti lucidi argillosi o calcariferi spesso granatiferi con banchi calcari, schisti verdi anfibolici intercalati	} Giurassico.	} Paleozoico ?
	Calcare dolomitico, marmo cipollino, carniola		
	Gesso e anidrite, spesso micacei, schisti ad anidrite	} Triassico.	} Trias ? Paleozoico ?
	Schisti argillosi, schisto micaceo bianco o verdastro		
	Quarzite, arkose gneissica		
	Gneiss della massa, conglomerati metamorfici e schisti micacei intercalati		} Terreno primitivo.
	Gneiss passante al micaschisto, gneiss e micaschisti granatiferi con anfiboli e schisti anfibolici e cloritici		
	Gneiss schistoso o ad occhi di Monte Leone		
	Gneiss granitico d'Antigorio e schisti intercalati		
	Salti e fessure nella regione acquifera dal lato S. E.		
	Stazioni geotermiche.		

BIBLIOGRAFIA

Vi sono compresi i lavori citati nella *Conferenza* (distinti con asterisco), e parecchi altri riferentisi al Traforo del Sempione. Per gli atti del Parlamento italiano, delle Provincie, delle Camere e Società nazionali ed estere, vedasi la bibliografia dell'Avv. **Bonola**, nell'opera citata.

1. * **Ancona** prof. Ugo. « Il canale di Suez ». Conferenza pubblicata per cura della Sezione di Bergamo della *Lega Navale Italiana*. — Bergamo, Tipografia R. Gatti, 1904.
2. « Atti del Comitato promotore della Ferrovia da Gozzano al Sempione ». Processo verbale delle deliberaz. prese dal Comitato. — Novara, Fr. Miglio, 1878.
3. **Aubert L.**, colonel fédéral. « Un mot sur le passage des Alpes ». — Lausanne, 1863.
4. **Berard E.** « Le Mont-Blanc et le Simplon » avec une lettre de M. le prof. Baretta. — Torino, 1880.
5. **Biglia F.** « Confutation de la note de M. Gonin, datée de Paris, décembre 1862, et annexée au rapport du directeur de la ligne d'Italie pour la traversée du Simplon ». — Turin, Ceresole et Panizza, 1863.
6. * **Bignami Enea.** « Cenisio e Fréjus ». — Firenze, Barbera, sett. 1871.
7. **Bonnin R.** « Le tunnel du Simplon. - Les travaux du tunnel du Simplon ». Due descrizioni nel periodico *La Nature*, N. 1596 e 1642. — Paris, Masson Ed., 1904.
8. * **Bonola avv. Giulio.** « La ferrovia del Sempione ». II edizione. — Roma, Tip. Forzani e C., 1900.
9. **Cadolini ing. G.** « Il traforo del Sempione in rapporto con gli altri valichi alpini e con gli interessi italiani ». Conferenza (Atti del Coll. degli ing. ed arch. di Roma). — Roma, Centenari, 1883.
10. **Cadorna Carlo.** « Della strada ferrata da Genova alla Svizzera, ed in ispecie del tronco di essa da Novara al Lago Maggiore. Considerazioni ». — Tipografia Botta, Torino, 1853.
11. **Canovetti ing. C.** « La ferrovia del Sempione con galleria di base », con 2 tavole. — Roma, Centenari, 1893.
12. * **Chapuis J.** « La traversée du Simplon par un chemin de fer à cremailère ». Extrait du *Bulletin de la Société vaudoise des ing. et archit.* — Lausanne, Bridel et C., 1893.

13. * **Chemins de fer du Jura-Simplon.** « Traversée du Simplon ». — I. Rapport sur les études 1890-91 avec devis; II. Plan financier pour la réalisation des fonds nécessaires. Août 1891. — Berne, K. Stämpfli e C., 1891.
14. * **Chiapuzzi** ing. **Gerolamo.** « Proposta di un nuovo metodo di esecuzione delle lunghe gallerie ferroviarie, in rapporto all'eduazione delle acque e alla ventilazione ». Estratto dall'*Ingegneria civile e arti industriali*, vol. XXIX. — Torino, Candellero, 1904.
15. **Colladon** ing. **Daniel.** « Notes sur les inconvénients et les difficultés du tunnel étudié sous le Mont-Blanc et de ses lignes d'accès projetées. - Avantages incontestables d'un chemin de fer international par le Simplon ». — Genève, Impr. Ch. Schuchardt, 1880.
16. **Colombo** prof. **G.** « Il traforo del Sempione » tradotto dalla *Revue univers. des Mines*. — Domodossola, Tip. Porta, 1896.
17. **Compagnie des chemins de fer de la Suisse Occidentale et du Simplon.** « Traversée du Simplon par un chemin de fer ». — Documents principaux concernant les projets soumis à l'examen de la Conférence internationale de Berne en juillet 1889. *
18. **Compagnie des chemins de fer de la Suisse Occidentale et du Simplon.** « Traversée du Simplon par un chemin de fer ». Documents complémentaires concernant les projets soumis à l'examen de la Conférence internationale de Berne en juillet 1889.
19. **Corona C.** « Monte Bianco e Sempione ». Discorso (nel *Bollettino della Soc. geogr. ital.*, agosto 1880). — Roma, Civelli, 1880.
20. **Corona C.** « Mont Blanc ou Simplon » (nella Rivista inglese *Minerva*, marzo 1880). — Rome, Capaccini, 1880.
21. **De-Sinner Ch.** « La France et le Simplon ». Extrait du *Moniteur industriel*, 1878.
22. **De Stockalper** ing. « Les avantages du Simplon sous le rapport de la construction et de l'exploitation d'un chemin de fer ». Lausanne, impr. Bridel, avril 1869.
23. **Dopples** prof. **Ch.** « Ventilation des tunnels alpins en construction ». Nel *Bull. de la Soc. vaud. des ing. et des arch.* — Lausanne, Bridel, 1891.
24. **Dreyfus Ferdinand.** « Le tunnel du Simplon et les intérêts français ». — Paris, librairie Lecuir, 1879.
25. * **Dumur F.** « Traversée du Simplon ». Rapport sur les études 1890-91. — Berne, Stämpfli et C., 1891.
26. **Dumur** ing. **F.** « Note à l'appui de la subvention gènoise pour le percement du Simplon ». Litografata. — 23 giugno 1897.
27. « Festa di S. Barbara, patrona dei minatori ». Ricordo delle feste al Sempione, 1903 (due poesie). — Novara, Tip. vescovile, 1903.
28. **Flachat Eug.** « De la traversée des Alpes par un chemin de fer ». — Paris, Noblet ed., 1859.


29. *Flachat Eug. « De la traversée des Alpes par un chemin de fer. Développement. Etude du passage par le Simplon ». — Paris, Noblet ed., 1860.
30. Flachat Eug. « De la traversée des Alpes ». — Neuilly, Giraudet, 1862.
31. Galletti Bartolomeo. « Strada ferrata sardo-elvetica e strade minori di Vallesesia ». — Varallo, Tip. Colleoni, 1860.
32. Garola R. « Il Monte Bianco e il Sempione ». Studii di confronto. — Torino, Roma, Favale, 1881.
33. Garrone ing. L. « Notizie sul progetto della strada ferrata attraverso il Sempione e cenni sulle condizioni di questo valico alpino e dei suoi accessi ». — Roma, Civelli, 1878.
34. *Gerlach H. « Carta geologica della Svizzera ». Foglio XVIII, 1865.
35. *Gerlach H. « Die Penninischen Alpen », 1869.
36. Gouin. « Traversée du Simplon ». — Paris, decembre 1862.
37. *Heim doct. Albert. « Ueber die geologische Voraussicht beim Simplontunnel ». Antwort auf die Angriffe des Herrn Nationalrat Ed. Sulzer-Ziegler. Nelle *Eglogae Geologicae Helvetiae*, novembre 1904.
38. Huber ing. W. « Les divers percements des Alpes et les intérêts de la France, de l'Allemagne et de l'Autriche-Hongrie », particulièrement en ce qui touche la ligne du Simplon (avec carte). Extrait du *Bull. de la Soc. de géogr. comm. de Paris*. — Paris, Tip. Tolmer et C., 1880.
39. Jaquemin ing. Ch. « Avant-projet d'un chemin de fer par le Simplon ». Note publiée par ordre du Gouvernement vaudois. — Août 1862.
40. Jaquemin ing. Ch. « Développements complémentaires d'un avant-projet de chemin de fer par le Simplon ». — Lausanne, Bridel, août 1862.
41. Jaquemin ing. Ch. « Traversée des Alpes et Simplon ». — Lausanne, Blanchard, 1862.
42. Jaquemin ing. Ch. « Simplon-Suez ». — Lausanne, Bridel, 1862.
43. *Jona ing. Emmanuele. « Il primo cavo transatlantico », nella Rivista mensile *La Lettura*, fascicolo di maggio 1904.
44. *Jura-Simplon (Chemin de fer du). « Tunnel du Simplon ». Projet du 1893 avec Annexes. — Berne, C. F. Wiss. Août 1894.
45. *Koller G. « Chemin de fer des Alpes ». — Août 1852.
46. Koller G. « Le chemin de fer du S. Gothard et ses concurrents ». — Zurich, impr. D. Burkli, 1865.
47. Ladame J. « Chemin de fer de Calais à Milan », ligne directe par Belfort, Berne, La Gemmi et le Simplon. — Paris, Dubuisson, 1889.
48. Ladame J. « Traversée du Simplon », lettre critique adressée à M. le Ministre des travaux publics du Royaume d'Italie. — Paris, Baudris e C., 1898.
49. Lampugnani ing. M. « Di un nuovo progetto di ferrovia per il valico del Sempione ». — Milano, tip. e lit. degli ingegneri, 1893.
50. *(La Valette). « Memoriale del conte de La Valette relativo al progetto di legge per la concessione delle ferrovie dell'Ossola e del Chiablese ». — *Atti del Parl. Subalpino*, settembre 1857.

51. *Lehàître et Piarron de Mondésir. « Etudes de la traversée du Simplon entre Gliss-Brigue et Domo d'Ossola ». (Compagnie de la Ligne d'Italie). — 1863.
52. *Lommel ing. G. Thomas. « Etude critique des divers systèmes proposés pour le passage des Alpes Suisses par un chemin de fer ». — Vevey, février 1864.
53. Lommel T. G. « Simplon, Saint Gothard et Lukmanier ». Etude comparative de la valeur technique et commerciale des voies ferrées projetées par ces passages alpins italo-suissees ». — Lausanne, 1865.
54. Lommel T. G. « Conférence sur le projet de chemin de fer alpin par le Simplon ». Nel *Bull. de la Soc. vaud. des ing. et des arch.*, dicembre 1877.
55. Lommel T. G. « Memoria sul valore comparativo delle linee franco-italiane del Sempione e del M. Bianco ». (Versione dal francese). — Domodossola, Tip. Porta, 1879.
56. Lommel T. G. « Etude du chemin de fer alpin par le Simplon. Plan de situation et projet en long de quatre sections ». — Lausanne, G. Bridel, 1880.
57. Lommel T. G. « Etude de la question de la chaleur souterraine et de son influence sur les projets et système d'exécution du grand tunnel alpin du Simplon ». — Lausanne, Impr. L. Corbaz et C., 1880.
58. Lommel T. G. « Examen critique des nouveaux essais de tracé entrepris sous les auspices de la Compagnie S. O. S. pour la rampe d'accès méridionale du tunnel alpin du Simplon », avec 2 cartes. — Lausanne, Rouge, oct. 1882.
59. Lommel T. G. « Notes critiques auxiliaires concernant les nouvelles études de la rampe d'accès méridionale du grand tunnel alpin du Simplon ». — Lausanne, Rouge, mars 1883.
60. Lommel T. G. « Quelques aperçus sur un programme propre à assurer la prompte solution du percement du Simplon ». — Lausanne, 1884.
61. Lory, Heim, Rénévier. « Structure géologique du massif du Simplon à propos du tunnel projeté. Etudes faites en 1877 ». — Lausanne, Rouge et Dubois, mars 1878.
62. *Lugeon M. « Les grandes nappes de recouvrement ». — *Bulletin de la Soc. géol. de France*, 1901.
63. *Lugeon M. « Coupe géologique du massif du Simplon ». (Comp. Ren. Acad. Sc.). — Paris, 24 mars 1902.
64. Luzzati L. « Le delusioni dei valichi alpini ». — Nella *Nuova Antologia*, luglio 1882.
65. Malladra prof. Alessandro. « Scene e paesaggi dell'Ossola antichissima ». Conferenza illustrata. — Milano, Cogliati, 1894.
66. *Malladra prof. Alessandro. « Ai lavori del Sempione ». Dal periodico *Il Bene*, numero di Natale 1898. — Milano, Cogliati, 1898.
67. Malladra prof. Alessandro. « Il lago d'Avino ». Nel periodico *Il Buon Cuore*, numero di Natale 1902. — Milano, Cogliati, 1902.

68. *Malladra prof. Alessandro. « L'acqua nel traforo del Sempione ». Conferenza illustrata. — Milano, Cogliati, 1902.
69. Mallet. « Simplon et Mont-blanc ». Extrait des *Mémoires et comp. rend. des trav. de la Soc. des ing. civils de France*, août. — Lausanne, Impr. L. Vincent, 1880.
70. *M'Clean et Stileman. « Rapport sur un chemin de fer proposé entre Gravellona, près du Lac Majeur, et Lucerne ». — Imprimerie Waterlow frères, London, 1851.
71. Meyer J. et Huber W. « Percement du Simplon ». Mémoire technique à l'appui des plans et devis dressés en 1881 et 1882, avec annexes. — Lausanne, Bridel, 1882.
72. Meyer A. Jean. Conférence faite le 12 février à la Société vaudoise des ingénieurs et architectes sur le percement du Simplon ». *Bulletin de la Soc. vaud. des ing. et arch.*, mai 1877.
73. Meyer J. « Traversée du Simplon par un chemin de fer ». Nouvelles études exécutées en 1881 et 1882. Conférence. — Paris, Capiémont et Renault, 1883.
74. Meyer F. « Le percement des grands tunnels sous les Alpes », note historique. *Bull. de la Soc. vaud. des ing. et des arch.*, 1888.
75. Meyer J. « De la chaleur centrale dans l'intérieur des massifs, des difficultés qu'elle occasionne pour les grands percements alpins et des moyens d'atténuer ces difficultés (avec planches) ». *Bull. de la Soc. vaud. des ing. et des arch.* — Lausanne, Bridel, 1890.
76. Mola E. « Milano e il Sempione ». — Milano, Tipogr. Giussani e Manzoni, 1897.
77. Mola E. « La ferrovia del Sempione ». — Milano, Tip. Giussani e Manzoni, 1897.
78. Mola E. « Gênes et le Simplon ». *Bull. mensuel de la Chambre de comm. franç. de Milan*. — Milan, Typ. Marchi, 1897.
79. *Möller Paul. « Der Bahn des Simplon tunnels ». Nella *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieur*. — Berlino, 1904.
80. Momo dott. Carlo. « La malattia delle mine ». Estratto dalla *Gazzetta degli Ospedali e delle cliniche*. — Milano, D. F. Vallardi, 1902.
81. *Palonceau, Doppler, Dumur et Huber. « Rapport des experts sur le percement du Simplon ». — Lausanne, 1886.
82. Panzetti ing. A. « Piano di componimento e di transazione della quistione sul migliore passaggio ferroviario delle Alpi elvetiche ». — Torino, Favale e C., 1864.
83. Pallis Ed. « Le Simplon et la route des Indes ». Nel *Bull. de Soc. vaud. des ing. et des arch.*, 1876.
84. Pettini F. « Il traforo del Sempione secondo il progetto prescelto per l'esecuzione ». *Annali della Soc. degli ing. e arch.*, anno IX. — Roma, Centenari, 1894.

85. Pini ing. E. « La ferrovia del Sempione ». — Milano, Tip. Bellini, 1887.
86. *P. M. Z. « Progetto di strada carreggiabile da Sasso Fantino a Sempione », inoltrato al Ministero Interni sino dall'anno 1840, ed « altro progetto di strada ferrata da Crevola a Briga ed indi al lago di Ginevra ». — Domo-dossola, Tip. Vercellini, 1850.
87. Protasi ing. G. D. « Sulla strada ferrata del Sempione e sul punto più conveniente per la sua congiunzione colla rete delle strade ferrate d'Italia ». — Novara, Tip. Miglio.
88. *Rénévier E. « Structure géologique du Simplon à propos du tunnel projeté ». — Lausanne, 1878.
89. *Rénévier E. « Etude géologique sur le nouveau projet de tunnel coudé, traversant le massif du Simplon ». Extrait du *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. natur.*, vol. XIX, n. 89. — Lausanne, mai 1883.
90. Ritter v. Rziha prof. F. « Das Projekt der Simplonbahn ». Nella *Zeitschrift des österreichischen Ing. und Arch. vereines*, Heft II. — Wien, 1888.
91. Robecchi sen. G. « Comitato promotore del valico ferroviario del Sempione ». Relazione e documenti. — Milano, Tip. Rebeschini, 1897.
92. *Schardt doct. H. « Profil du Simplon ». Livret guide géologique de la Suisse. — 1894.
93. Schardt H. « Rapport sur les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle ». — Lausanne, Impr. Corbaz e C., 1902.
94. *Schardt H. « Le gneiss d'Antigorio ». C. R. Soc. helv. Sc. nat., Lausanne, *Arch. Sc. phys. et nat.*, Genève, t. XXX. — Novembre 1903.
95. *Schardt H. « Note sur le profil géologique et la tectonique du massif du Simplon, suivi d'un rapport supplémentaire sur les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon, du côté d'Iselle ». — Lausanne, Corbaz et C., 1903.
96. Schardt H. « Note sur le profil géologique et la tectonique du massif du Simplon, comparés aux travaux antérieurs ». Extrait des *Eglogae geologicae Helvetiae*, vol. VIII, n. 2. — Lausanne, Impr. G. Bridel et C., août 1903.
97. Schardt H. « Sur les eaux du Simplon ». Séance 17 févr. 1904 de la *Soc. vaud. de Sc. nat.*, vol. XL, 149. — 1904.
98. *Schmidt C. « Bemerkungen zum Entwurf eines geologischen Profils durch den Simplon in der Richtung der Tunnelaxe », 1901-02.
99. *Schmidt C. « Ueber die neue geologische Uebersichtskarte der Schweiz 1:500000 ». — Zurich, 1894.
100. *Schmidt C. « Géologie du Simplon ». *Bibliothèque universelle*. Arch. volume XXXIV. — 1895.
101. Spezia prof. Giorgio. « Sulla anidrite micaceo-dolomitica e sulle rocce decomposte della frana del traforo del Sempione », con una tavola. *Atti della R. Acc. delle Scienze di Torino*, vol. XXXVIII. — Torino, Clausen, 1903.

-
102. **Spezia** prof. **Giorgio**. « Sulle inclusioni di anidride carbonica liquida nella anidrite associata al quarzo trovata nel traforo del Sempione », con una tavola. *Atti della R. Acc. delle Scienze di Torino*, vol. XXXIX. — Torino, Clausen, 1904.
103. **Stapff**. « Etudes de l'influence de la chaleur intérieure de la terre sur la possibilité de construction des tunnels dans les hautes montagnes ». Nella *Revue univ. des mines*, vol. V e VI. — Parigi-Liegi, 1879-80.
104. ***Stella** ing. **Augusto**. « Rilevamento geologico dell'Ossola ». Estratto dalla *Relazione uff. della Dir. del Servizio geologico per l'anno 1902*. — Roma, 1903.
105. ***Stella** ing. **Augusto**. « Sulla geologia della regione ossolana contigua al Sempione ». — Roma, marzo 1904.
106. **Stockalper** ing. **E.** « Les grands tunnels alpins et la chaleur souterraine », avec trois planches. — Lausanne, Impr. Lucien Vincent, 1883.
107. **Studer B.** « Mémoires géologiques sur la masse des montagnes entre la route du Simplon et celle du Saint Gothard ». Nelle *Mém. de la Soc. géol. de France*, ser. II, vol. I, pag. 305. — 1846.
108. **Studer B.** « Geologie der Schweiz ». — 1851.
109. « Sulle ferrovie di accesso al Sempione e al Gottardo ». Relazione della deputazione al Consiglio provinciale di Novara, con le relative deliberazioni e allegati. — Novara, Tip. Novarese di N. Lenta, 1879.
110. **Tallichet Ed.** « Le Simplon et les chemins de fer de la Suisse occidentale ». Nella *Bibliothèque universelle et Revue suisse*, tom. LIV. — Lausanne, 1875.
111. ***Taramelli** prof. **Torquato**. « Alcune osservazioni stratigrafiche nei dintorni di Varzo ». Estratto dai *Rend. del R. Istit. lomb. di Scienze e Lettere*, Serie II, vol. XXXV. — 1902.
112. **Tatti** ing. **Luigi**. « Proposta di una rete di congiunzione delle ferrovie lombarde e piemontesi con la linea del Lucomagno ». — Milano, Ed. del Politecnico, aprile 1861.
113. **Tatti** ing. **Luigi**. « Parallelo fra i progettati valichi alpini del Sempione e del M. Bianco ». — Milano, Tip. Rebeschini, 1880.
114. **Théry Edm. et De-Sinner Ch.** « L'Italie et le percement du Simplon, d'après les publications faites en France ». — Lausanne, Impr. Jaunin, 1889.
115. **Thommen A.** « Zur Anlage des Simplontunnels, Gutachten ». — Bern, Stämpfli, ottobre 1889.
116. **Thommen A.** « Einige weitere Bemerkungen zur Anlage des Simplontunnels » (litografia). — Wien, 30 märz 1890.
117. **Thommen A.** « Préavis sur les projets et dévis estimatifs du percement du Simplon ». — Berne, Stämpfli, 1890.
118. ***Thouvenot Ch.** « Un moyen de franchir les Alpes par un chemin de fer avec des rampes de 5 à 6 pour cent ». — Vevey, Schwind et Suter, 1863.

119. *Traverso ing. Stefano. « Geologia dell'Ossola ». Con 11 tavole ed una carta geologica. — Genova, Ciminago ed., 1895.
 120. Vandoni sac. Antonio. « L'opera del Sempione per l'assistenza religiosa e morale degli operai, l'educazione e l'istruzione dei loro figli ». Resoconto. — Novara, Tip. vescovile, 1903.
 121. Vauthier L. L. « Rapport au Conseil général de la Seine au sujet du percement du Simplon ». — Juillet 1879.
 122. Vauthier L. L. « Le percement du Simplon devant les chambres et les intérêts de la France ». — Paris, Impr. Chaix, 1881.
 123. Vauthier L. L. « Le percement du Simplon et les intérêts de l'Europe occidentale ». — Paris, Gernier et Baillière, 1885.
 124. Villevert ing. civ. « La nouvelle percée des Alpes ». — Paris, Baudry, 1886.
 125. Volante dott. Giovanni. « L'igiene del minatore ». — Domodossola, Tipografia ossolana, 1904.
 126. Wilson. « Rapport sur le percement du Simplon » présenté à la Réunion extra-parl. des sén. et des dép. tenue à Paris le 25 juillet 1879. — Tours, Impr. Ribadeau et Chevallier, 1879.
- 

ELENCO DELLE FIGURE

FIG. 1. — Ingegnere Carlo Brandau	Pag. 11
" 2. — Tracciato della galleria con la strada napoleonica del Sempione	" 29
" 3. — Insieme dei tre imbocchi italiani	" 31
" 4. — Profilo longitudinale della galleria del Sempione	" 32
" 5. — Sezione trasversale delle due gallerie	" 33
" 6. — Frontale della galleria	" 35
" 7. — Perforatrice su affusto	" 35
" 8. — Schema per dimostrare come si mantiene l'esatta direzione della galleria	" 41
" 9. — Sezione normale di una lunga galleria a doppio binario, scavata col sistema proposto dall'Ing. Chiapuzzi	" 44
" 10. — Profilo geologico del Sempione secondo il progetto ufficiale del 1893	" 50
" 11. — Profilo geologico attraverso il gruppo del Sempione secondo Traverso (1895)	" 50
" 12. — Profilo geologico presso il gruppo del Sempione secondo Gerlach (1865)	" 51
" 13. — Profilo geologico lungo l'asse del Traforo del Sempione secondo Schmidt (1901)	" 52
" 14. — Profilo geologico attraverso l'asse del Traforo del Sempione secondo Lugeon (1904)	" 53
" 15. — Perforatrice Brandt isolata	" 57
" 16. — Gruppo di meccanici con due perforatrici montate su trave d'acciaio e carrello	" 59
" 17. — Officina dei meccanici a Iselle	" 61
" 18. — Salone dei compressori e delle pompe (Iselle)	" 63
" 19. — Presa d'acqua dal Rodano	" 65
" 20. — Presa d'acqua dalla Diveria al confine italiano	" 66
" 21. — Tubazione in ghisa e ferro (Briga)	" 67
" 22. — Veduta generale dei cantieri di Iselle	" 68
" 23. — La caldaia di 23 tonnellate tirata da 32 cavalli sul ponte del Bogna	" 69
" 24. — La seconda caldaia arenata sulla strada del Sempione	" 70

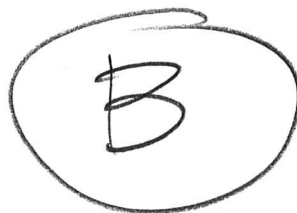
Fig. 25. — Strada provinciale del Sempione nella forra di Iselle	Pag. 71
" 26. — Triplice ponte in ferro sulla Diveria (al di qua della stretta d'Iselle).	" 72
" 27. — Le prime baracche di Balmalonesca nel 1898	" 73
" 28. — Balmalonesca nel 1904	" 74
" 29. — Chiesa di Santa Barbara a Balmalonesca	" 77
" 30. — Colonia di Nante.	" 79
" 31. — Bagni degli operai	" 80
" 32. — Treno pronto pel cambiamento di sciolta	" 80
" 33. — Ponte in legno alla galleria di direzione da cui entrano i treni	" 81
" 34. — Primo allargamento della galleria	" 82
" 35. — Perforatrici su affusto che lavorano all'avanzata	" 84
" 36. — Officina dei fabbri	" 85
" 37. — Imboscamiento in calotta	" 87
" 38. — Schema per dimostrare l'allargamento della galleria	" 88
" 39. — Attacco di un camino sul tetto di un cunicolo	" 89
" 40. — Incontro di due cunicoli superiori	" 89
" 41. — Prospettiva dell'armamento della galleria a scavo completo	" 90
" 42. — Locomotiva ad aria compressa	" 91
" 43. — Un <i>quadro di ferro</i> per sostenere la roccia spingente	" 99
" 44. — Tratto di galleria rivestita con <i>quadri di ferro</i>	" 100
" 45. — Tratta spingente. - Prima fase dello scavo laterale intorno al quadro in ferro.	" 101
" 46. — Tratta spingente. - Scavo e puntellatura sotto il quadro in ferro	" 102
" 47. — Tratta spingente. - Inizio della muratura di fondo e allargamento dello scavo laterale	" 103
" 48. — Tratta spingente. - Seguito della muratura di fondo	" 104
" 49. — Tratta spingente. - Costruzione dei piedritti e allargamento dello scavo laterale in alto	" 105
" 50. — Tratta spingente. - Muratura provvisoria tra i piedritti e il quadro in ferro e primo inizio dello scavo in calotta	" 106
" 51. — Tratta spingente. - Segue lo scavo in calotta per ottenere lo spazio occorrente al vólto provvisorio	" 107
" 52. — Tratta spingente. - Costruzione dell'arco provvisorio e scavo superiore per l'arco definitivo	" 107
" 53. — Tratta spingente. - Puntellamento dello scavo superiore e costruzione del vólto definitivo	" 108
" 54. — Pieghe e contorsioni nei putrelloni dei quadri in ferro (N. 29, 30, 31)	" 108
" 55. — Profilo della galleria del Sempione nella tratta spingente	" 109
" 56. — Dinamometro idraulico per calcolare la pressione della tratta spingente nel Traforo del Sempione (scala di $\frac{1}{20}$)	" 111

Fig. 57. — Scavo del canale nel <i>Tunnel N. 2</i> (Imbocco Nord) Pag.	114
„ 58. — Sorgenti nella galleria del Sempione da 4280 a 4450 metri nell'imbocco italiano (da Schardt)	„ 116
„ 59. — <i>Tunnel N. 1.</i> Sorgente 40 (4 Marzo 1903)	„ 117
„ 60. — <i>Tunnel N. 2.</i> Sorgente 37 (11 Maggio 1903)	„ 118
„ 61. — <i>Tunnel N. 2.</i> Sorgente 36 (11 Maggio 1903)	„ 119
„ 62. — <i>Traversa XXI A.</i> Sorgente 32 (Gennaio 1902).	„ 120
„ 63. — <i>Tunnel N. 2.</i> Sorgente 41 (3 Aprile 1903)	„ 120
„ 64. — <i>Traversa XXI B.</i> Sorgente 40 <i>b</i> (21 Gennaio 1902)	„ 121
„ 65. — <i>Tunnel N. 2.</i> Sorgente 18 <i>a</i> (calda) (3 Aprile 1903)	„ 121
„ 66. — <i>Traversa XIX.</i> Sorgente 9 (calda) (3 Aprile 1903)	„ 122
„ 67. — Cantiere di Briga	„ 123
„ 68. — Fronte di attacco della galleria di Briga, invasa dalle acque termali, con le porte di sicurezza	„ 126
„ 69. — Treno-operai che esce dall'imbocco svizzero	„ 127
 TAVOLA I. — Schema degli imbocchi del Traforo del Sempione „	30
„ II. — Profilo del Sempione secondo l'asse della galleria „	39
„ III. — Profilo geologico del Traforo del Sempione „	140

INDICE

Prefazione	<i>Pag.</i> 5
Nota alla seconda edizione	" 9
Conferenza — Introduzione	" 13
" — Progetti diversi	" 19
" — Progetto del 1893	" 28
" — Studio della direzione	" 37
" — Previsone geologica	" 46
" — Meccanica dello scavo	" 55
" — L'alta temperatura	" 94
" — La pressione delle rocce	" 97
" — Le sorgenti fredde	" 113
" — Conclusione	" 127
Appendice sugli ultimi fenomeni idrotermali nel Traforo del Sempione	" 129
Bibliografia	" 141
Elenco delle figure	" 149

ssa



TORE

15,6